



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

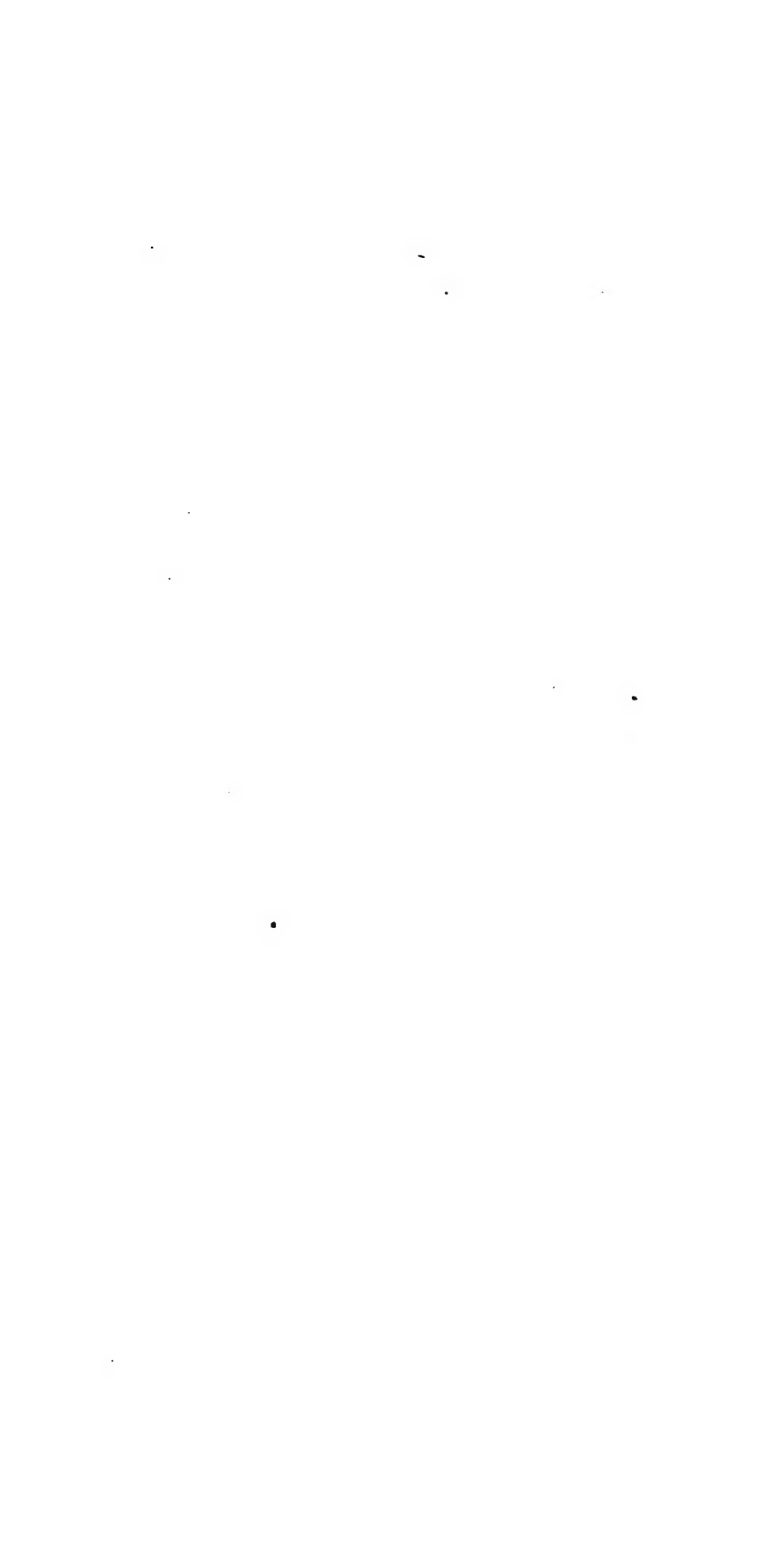
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.











H a n d b u c h
der
W a s s e r b a u k u n s t

von

Dr. G. Hagen,

Geheimem Ober-Baurath und Mitglied der Academie der Wissenschaften
in Berlin.



Zweiter Theil:

D i e S t r ö m e.

Erster Band mit 17 Kupfertafeln.

Zweite Auflage.

Königsberg in Preussen
bei den Gebrüdern Bornträger.
1853.

2000
2001

Inhalts'- Verzeichniss

vom ersten Bande des zweiten Theiles.

Abschnitt VI. Uferschälungen	Seite 1
§. 49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde	3
§. 50. Festigkeit der Mauern	40
§. 51. Stabilität der Futtermauern	54
§. 52. Ausführung des Mauerwerks	66
§. 53. Trockne Mauern	92
§. 54. Bohlwerke	98
Abschnitt VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme	131
§. 55. Das Strombett	133
§. 56. Die Ufer	151
§. 57. Verschiedene Wasserstände	172
Abschnitt VIII. Hydrometrische Arbeiten	199
§. 58. Aufnahme der Stromcharten	201
§. 59. Nivellement des Stroms	212
§. 60. Tiefenmessungen	217
§. 61. Wasserstands-Beobachtungen	234
§. 62. Geschwindigkeits-Messungen	243
Abschnitt IX. Bewegung des Wassers in Strömen	269
§. 63. Ursache der Bewegung	271
§. 64. Mittlere Geschwindigkeit	279
§. 65. Gleichförmige Bewegung	293
§. 66. Ungleichförmige Bewegung	311

Abschnitt X. Regulirung der Ströme . . .		Seite 335
§. 67.	Zweck der Stromregulirung	„ 335
§. 68.	Wirksamkeit der Strömung	„ 355
§. 69.	Uferdeckungen	„ 377
§. 70.	Parallelwerke	„ 384
§. 71.	Einbaue	„ 391
§. 72.	Seitenzuflüsse und Stromspaltungen	„ 420
§. 73.	Anordnung der Strombauten	„ 441
§. 74.	Stein-Constructions	„ 491

Von diesem Werke ist neu erschienen:

**Band I. Die Quellen in 2. vermehrter und verbesserter
Auflage mit Atlas von 21 Kupfern.**

Preis 6 Thlr. 20 Sgr.

**Band II. Theil 1. Die Ströme. 2. Auflage mit Atlas
von 17 Kupfern. Preis 5 Thlr. 10 Sgr.**

**Band II. Theil 2. und 3. Die Ströme. 2. und 3. Theil
mit Atlas von 39 Kupfern.**

Preis 12 Thlr. 8 Sgr.

Sechster Abschnitt.

i f e r s c h ä l u n g e n .

1

2

3

§. 49.

Bestimmung des Seitendrucks der Erde.

Die Ablagerungen des aufgeschwemmten Bodens, und zwar eben sowohl die natürlichen, wie die künstlichen, befinden sich nur im Gleichgewichte, wenn ihre Seitenflächen mit einer hinreichend saften Neigung sich gegen die angrenzenden Vertiefungen senken. Wollte man eine Erdmasse ohne künstliche Einfassung entweder ganz senkrecht oder doch sehr steil aufschütten oder abstechen, so könnte sie sich freilich unter gewissen Umständen, die früher (§. 43) angeführt sind, noch einige Zeit hindurch halten, doch würde dieses für die Dauer nicht der Fall sein, und bei den meisten Erdarten, namentlich wenn die Höhe schon mehrere Fusse beträgt, würde die Masse sogleich in gewissen Bruchflächen sich trennen, und herabstürzen, bis diejenige Neigung sich darstellt, welche der Natur der Erde entspricht. Wenn es daher die Absicht ist, eine natürliche Anhöhe dieser Art oder eine künstliche Anschüttung senkrecht oder doch sehr steil zu begrenzen; so kann dieses nur geschehen, indem man eine Einfassung davor anführt, gegen welche der Boden sich sicher stützen kann, und dadurch am Herabfallen verhindert wird.

Bestehen solche Einfassungen aus Mauerwerk, so heissen sie Futtermauern, wenn sie dagegen aus Holz erbaut sind, so nennt man sie Bohlwerke. Doch kommen auch eiserne Bohlwerke vor, und wenn die Neigungen flacher werden, so genügen zuweilen schon Zäune, Pflanzungen und Rasenbekleidungen. Beim Wasserbau finden sich die erwähnten Constructionen vorzugsweise an den Ufern der Flüsse und überhaupt neben grösseren Gewässern, man nennt sie alsdann im Allgemeinen Uferschälungen, sie heissen aber Kaimauern, wenn sie massiv sind, und ein Kai oder einen Anlegeplatz für Schiffe darstellen.

Um die Dimensionen und die sonstige Anordnung der Uferschälungen zu bestimmen, muss man den Seitendruck kennen, welchen die dahinter liegende Erde darauf ausübt.

Bélidor *) hat zuerst die Grösse dieses Drucks zu ermitteln versucht; er geht dabei aber von Voraussetzungen aus, die sehr willkürlich gewählt, und in der That ganz unbegründet sind. Ich will dieselben indessen hier kurz bezeichnen, da man in manchen Fällen noch immer Bélidor's Regeln und Tabellen zur Bestimmung der Stärke der Futtermauern zu benutzen pflegt. Diese Voraussetzungen sind: die Hinterfüllungserde zerspaltet gleichzeitig in eine grosse Anzahl dünner Schichten, und zwar sind diese sämmtlich durch Bruchebenen begrenzt, die unter einem Winkel von 45 Graden den Horizont treffen. Eine jede derselben drückt in der Art auf die Futtermauer, dass der horizontale Druck immer dem Gewichte der Schicht gleich sein würde, wenn keine Cohäsion zwischen den Schichten statt fände. Letztere consumirt die Hälfte des Gewichtes, und sonach ist der Horizontaldruck nur dem halben Gewichte der Schicht gleich. Auf solche Art ergeben sich die verschiedenen Pressungen, die auf die einzelnen horizontalen Schichten der Mauer wirken und unter Voraussetzung eines unzerstörbaren Zusammenhanges der Mauer, bestimmt sich wieder die nöthige Stabilität derselben, welche allen diesen Pressungen das Gleichgewicht hält. Die Unrichtigkeit dieser Voraussetzungen ist grösstentheils an sich klar, zum Theil wird sie sich noch aus dem Folgenden ergeben.

Coulomb **) betrachtete den Druck der Erde zuerst unter einem richtigeren Gesichtspunkte. Nach ihm darf man nicht annehmen, dass die hinter der Wand befindliche Erde auf einmal in einer grossen Menge von Bruchflächen spaltet, sondern ihr horizontaler Druck wird jedesmal nur durch ein einzelnes abbrechen des Prisma bestimmt, welches längs der Bruchfläche herabzugleiten strebt. Für alle solche Prismen, die sich möglicher Weise lösen können, ist der entsprechende Druck gegen die Wand keineswegs gleich; es giebt vielmehr ein gewisses Prisma, welches den grössten Druck ausübt, und dieses ist es gerade, welches man

*) *La Science des Ingénieurs*. 1729. Liv. I. §. 42.

**) In den *Mémoires des savans étrangers*. 1773.

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 5

untersuchen muss, denn sobald die Wand stabil genug ist, um diesem zu widerstehen, so widersteht sie auch allen übrigen. Die Resultate, zu denen Coulomb auf diese Art gelangt, stimmen mit den spätern Untersuchungen von Prony, Woltmann, Eytelwein und Lavier sehr genau überein: ich will sie daher in der einfachsten und bequemsten Form vortragen, welche Prony *) dafür angegeben hat.

In Fig. 1. auf Taf. XXII. sei AB die bewegliche senkrechte Wand, wogegen die Erdmasse CAB sich lehnt, und zwar sei letztere in ihrer Oberfläche horizontal abgeglichen. Die Länge der Wand oder der Erdschüttung sei gleich b und die Höhe der Erdschüttung über dem untern Rande der Wand gleich h . Von der Bruchfläche wird vorausgesetzt, dass sie immer eine Ebene sei, und es ergibt sich ohne weitem Beweis, dass dieselbe den Fuss der Wand treffen muss, weil der Druck, der alsdann gegen die Wand ausgeübt wird, grösser ausfällt, als wenn die Bruchebene höher läge. Für diese Ebene wird eine noch näher zu ermittelnde Neigung gegen das Loth, nämlich φ angenommen, und es bezeichne f den Reibungs-Coefficienten zwischen den Erdeilchen, c ihre Cohäsion auf 1 Quadratfuss Oberfläche und γ das Gewicht von 1 Cubikfuss Erde.

Durch den Bruch in der Richtung BC löst sich ein Erdprisma, das bei seiner ersten Bewegung, und indem es eben den gesuchten Druck ausübt, nicht weiter zerfällt, daher während dieser Zeit, als ein zusammenhängender Körper betrachtet werden darf. Sein Gewicht ist gleich

$$\frac{1}{2} b h^2 \gamma \cdot \operatorname{tgt} \varphi$$

folglich der Druck desselben, der zur Bruchebene parallel gerichtet ist

$$\frac{1}{2} b h^2 \gamma \cdot \sin \varphi$$

und der Normaldruck gegen die Bruchebene

$$\frac{1}{2} b h^2 \gamma \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tgt} \varphi$$

daher die Reibung

$$\frac{1}{2} b h^2 \gamma f \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tgt} \varphi$$

*) *Recherches sur la poussée des terres. Paris 1802.*

der Effect der Cohäsion ist aber

$$b c h \operatorname{Sec} \varphi$$

der ganze Druck, den das Prisma parallel zur Bruchebene ausübt, ist demnach

$$\frac{1}{2} b h^2 \gamma \cdot \operatorname{Sin} \varphi (1 - f \operatorname{tgt} \varphi) - b c h \cdot \operatorname{Sec} \varphi$$

Um die Wirkung desselben aufzuheben, muss die Wand einen entsprechenden Gegendruck veranlassen, und wenn derselbe horizontal gedacht wird, so wirkt nur ein Theil von ihm unmittelbar dem letzteren entgegen, während der andere Theil die Bruchebene normal trifft, die Reibung vermehrt, und dadurch mittelbar gleichfalls das Herabgleiten des Sandprismas verhindert. Dieser gesuchte Horizontaldruck der Wand, den ich H nenne, verhindert die schräge abwärts gerichtete Bewegung des Prismas mit einer Kraft

$$H (\operatorname{Sin} \varphi + f \operatorname{Cos} \varphi)$$

letztere muss dem in gleicher Richtung ausgeübten Drucke des Prismas das Gleichgewicht halten, folglich

$$\frac{1}{2} b h^2 \gamma \cdot \operatorname{Sin} \varphi (1 - f \operatorname{tgt} \varphi) - b c h \operatorname{Sec} \varphi = H (\operatorname{Sin} \varphi + f \operatorname{Cos} \varphi)$$

Setzt man nun

$$f = \operatorname{Cotg} \psi$$

so vereinfacht sich der vorstehende Ausdruck, und man erhält

$$H = \frac{1}{2} b h^2 \gamma \operatorname{tgt} \varphi \cdot \operatorname{tgt} (\psi - \varphi) - b c h \frac{\operatorname{Sin} \psi}{\operatorname{Cos} \varphi \cdot \operatorname{Cos} (\psi - \varphi)}$$

indem nun aber $\psi = (\psi - \varphi) + \varphi$, so ist

$$\begin{aligned} \frac{\operatorname{Sin} \varphi}{\operatorname{Cos} \varphi \cdot \operatorname{Cos} (\psi - \varphi)} &= \operatorname{tgt} (\psi - \varphi) + \operatorname{tgt} \varphi \\ &= \operatorname{tgt} \psi - \operatorname{tgt} \varphi \cdot \operatorname{tgt} (\psi - \varphi) \end{aligned}$$

dieses substituirt, giebt

$$H = \left(\frac{1}{2} b h^2 \gamma + b c h \cdot \operatorname{tgt} \psi \right) \operatorname{tgt} \varphi \cdot \operatorname{tgt} (\psi - \varphi) - b c h \cdot \operatorname{tgt} \psi$$

Der Winkel φ unter welchem der Bruch erfolgt, war bisher willkürlich angenommen, es ist aber schon bemerkt worden, dass hier nur derjenige Bruch untersucht werden darf, wobei der Druck gegen die Wand, oder H ein Maximum wird. Man muss also den Ausdruck, oder H in Beziehung auf φ differenziren, und man bemerkt sogleich, dass es nur darauf ankommt, das Product

$$\operatorname{tgt} \varphi \cdot \operatorname{tgt} (\psi - \varphi)$$

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 7

zu einem Maximum zu machen. Dieses geschieht, wenn

$$\psi - \varphi = \varphi$$

$$\text{oder } \varphi = \frac{1}{2} \psi$$

wird, dadurch verändert sich der Werth für H in

$$H = \frac{1}{2} b h^2 \gamma \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi^2 - b c h \cdot \operatorname{tgt} \psi \left(1 - \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi^2 \right)$$

$$\text{aber } 1 - \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi^2 = 2 \frac{\operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi}{\operatorname{tgt} \psi}$$

daraus ergibt sich endlich

$$H = b h \cdot \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi \left(\frac{1}{2} h \gamma \cdot \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi - 2 c \right)$$

In diesem Ausdruck kommen drei Constanten vor, die eine, nämlich γ bezeichnet das Gewicht von einem Cubikfuss Erde, und ist durch unmittelbares Wiegen leicht zu bestimmen: dagegen scheint die Ermittlung des Reibungs-Coefficienten, wovon der Winkel ψ abhängt, und des der Cohäsion, oder c , nicht so nahe zu liegen. Es lassen sich indessen auch für diese Grössen die Werthe durch sehr einfache Beobachtungen auffinden, von denen es nur zu bedauern ist, dass sie keine grosse Schärfe gestatten.

Um den Winkel ψ zu bestimmen, gab schon Coulomb das folgende Verfahren an: man schütte die Erde, die man zur Hinterfüllung der Futtermauer benutzen will, auf einen Haufen, und beobachte die steilste Dossirung, welche sie auf eine grössere Länge in der Seite noch anzunehmen im Stande ist. Nennt man den Winkel, welchen diese Seite mit dem Lothe macht, α ; so wird eine in der Oberfläche liegende kleine Quantität Erde q herabzugleiten streben mit einer Kraft gleich

$$q \cdot \cos \alpha$$

der Normaldruck, den sie gegen die Böschung ausübt, ist aber gleich

$$q \sin \alpha$$

folglich die Reibung, die sie erleidet

$$f q \cdot \sin \alpha$$

Indem nun aber die Böschung nach der Annahme schon so steil ist, dass die Erde sich nur eben noch erhält, d. h. dass die Reibung nicht stärker ist, als der schräge abwärts gerichtete Druck, so folgt, dass

$$q \cos \alpha = f q \cdot \sin \alpha$$

oder $f = \cotg \alpha = \cotg \psi$ sein muss.

Man bestimmt also den Winkel ψ , oder den Reibungswinkel, indem man die Neigung der steilsten Böschung gegen das Loth misst.

Zur Bestimmung des Werthes von c hat Prony ein Verfahren angegeben, welches unmittelbar aus dem letzten Ausdrucke für H hervorgeht. Man untersucht nämlich, bis zu welcher Höhe die Erde sich noch senkrecht abstecken lässt: das Maximum dieser Höhe sei h^1 , so wird für diesen Fall der Horizontaldruck oder $H=0$ sein, und man hat

$$0 = \frac{1}{2} h^1 \gamma \cdot \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi - 2c$$

oder $c = \frac{1}{4} \gamma \cdot \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi \cdot h^1$

Substituirt man diesen Werth von c in den obigen Ausdruck für H , so erhält man endlich

$$H = \frac{1}{2} b h \gamma \cdot \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi^2 (h - h^1)$$

Diese einfache und elegante Formel, welche Prony schon vor vierzig Jahren bekannt machte, ist für die Rechnung überaus bequem, und dieses auch aus dem Grunde, weil darin die Reibung und Cohäsion gerade durch diejenigen Grössen ausgedrückt sind, welche die Beobachtungen unmittelbar ergeben.

Ich bemerke noch, dass die Betrachtung der verschiedenen Kräfte, welche auf den Schwerpunkt des abgleitenden Prismas wirken, zu einem gleichen Resultate führt. Diese Kräfte sind nämlich, wenn man $b=1$ setzt:

- 1) das Gewicht des Prismas, oder $Q = \frac{1}{2} h^2 \gamma \cdot \operatorname{tgt} \varphi$: dasselbe wirkt vertical abwärts.
- 2) der gesuchte Horizontaldruck H
- 3) der Normaldruck N , den das Prisma von der darunter befindlichen Erdmasse erfährt, und
- 4) der Widerstand R , der sich dem Herabgleiten des Prismas entgegensetzt. Dieser umfasst sowohl die Reibung, als die Cohäsion, und man hat daher

$$R = N \cdot \cotg \psi + c h \cdot \sec \varphi$$

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 9

Die benannten vier Kräfte sind im Gleichgewichte, wenn die Summen ihrer virtuellen Momente sowohl in horizontaler, als in verticaler Richtung gleich Null sind. Man erhält daher die beiden Bedingungs - Gleichungen

$$H + R \cdot \sin \varphi - N \cdot \cos \varphi = 0$$

$$Q - R \cdot \cos \varphi - N \cdot \sin \varphi = 0$$

und wenn man für Q und R die angegebenen Werthe einführt, und N eliminirt, so findet man unmittelbar wie oben

$$H = \frac{1}{2} h^2 \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} (\psi - \varphi) - c h [\operatorname{tg} (\psi - \varphi) + \operatorname{tg} \varphi]$$

Es bleibt noch übrig, die Höhe zu bestimmen, in welcher der Horizontaldruck gegen die Wand vereinigt gedacht werden kann, nach der letzten Auseinandersetzung sollte man meinen, dass diese Höhe mit der Höhe des Schwerpunktes vom Prisma übereinstimmen, oder der Mittelpunkt dieses Druckes in einer Höhe, die gleich $\frac{2}{3} h$ ist, über dem untern Rande der beweglichen Wand liegen müsste. Prony und ebenso die übrigen Schriftsteller finden aber andere Resultate, die zwar nicht ganz genau untereinander übereinstimmen, aber doch keine grosse Verschiedenheiten zeigen. Ich werde wieder Prony folgen.

Wenn die bewegliche Wand schon im Punkte F ihren untern Rand hätte, und $AF = z$ wäre, so würde man den entsprechenden Horizontaldruck finden

$$H = k (z^2 - h^1 z)$$

wo k der Abkürzung wegen das Product aus den constanten Factoren des obigen Ausdruckes bezeichnet. Vergrössert sich nun die Höhe der Wand, um dz , so vermehrt sich auch der Horizontaldruck um

$$dH = k (2z dz - h^1 dz)$$

Alsdann wird die Voraussetzung gemacht, dass bei der eintretenden Vergrösserung der Wand der Druck auf den obern Theil oder auf z sich nicht verändert, und daher die Vermehrung des Druckes oder dH , allein den Theil dz trifft. Das Moment dieses Druckes in Bezug auf den untern Rand der Wand, ist sonach

$$(h - z) dH = k (h - z) (2z - h^1) dz$$

Integrirt man diesen Ausdruck, und zwar innerhalb der Grenzen

von $z = h^1$ bis $z = h$

(weil nämlich bei einer Höhe der Wand, die gleich h^1 ist, der Druck erst anfängt) so findet man das Moment aller horizontalen Pressungen, und dieses dividirt durch die Summe derselben Pressungen, oder durch den ganzen Horizontaldruck giebt endlich den gesuchten Abstand des Mittelpunktes des Druckes vom unteren Rande der Wand, oder

$$r = \frac{(h - h^1) \left(h + \frac{1}{2} h^1 \right)}{3 h}$$

Für den Fall, dass keine Cohäsion statt findet, oder $h^1 = 0$ ist, wird

$$r = \frac{1}{3} h$$

$$\text{und } H = \frac{1}{2} b h^2 \gamma \cdot \lg \frac{1}{2} \psi^2$$

In der vorstehenden Untersuchung über die Grösse des Erddruckes gegen verticale Wände, sind einige Voraussetzungen gemacht worden, die man zwar als richtig anzusehen pflegt, die aber dennoch an sich keineswegs klar sind, und daher eine nähere Prüfung verdienen. Hierher gehört zuerst die Annahme, dass die Bruchfläche, in welcher sich das Prisma des stärksten Druckes von der übrigen Erdmasse trennt, eine Ebene sei. Gewiss wird die Fläche so gestaltet sein, dass sie dem ganzen abgebrochenen Prisma eine bestimmte und gemeinsame Bewegung anzunehmen erlaubt, und indem die späteren Trennungen einzelner Theile hier gar nicht berücksichtigt werden, weil nur die erste Bewegung in Betracht kommt, so kann das Prisma nur auf zwei Arten sich verschieben, nämlich entweder rückt es ohne Drehung von seiner Stelle, oder es dreht sich um eine gewisse horizontale Achse. Im ersten Falle ist die Bruchfläche eine Ebene und im zweiten eine cylindrische Fläche. Auch könnten beide Bewegungen gleichzeitig eintreten, ein dritter Fall ist nicht denkbar. Die beiden erwähnten Fälle treffen aber in so fern zusammen, als man die Ebene auch als eine cylindrische Fläche ansehen kann, für welche der Radius unendlich gross geworden ist. Wenn es sich also ganz allgemein beweisen liesse, dass bei allen cylindrischen Bruchflächen, die sich hier bilden können, der Horizontaldruck des da-

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 11

durch getrennten Prismas mit der Grösse des Radius zunimmt, und er sein Maximum erreicht, sobald der letztere unendlich gross wird; alsdann wäre der Beweis für die Richtigkeit der Annahme geführt. Es tritt indessen hierbei die grosse Schwierigkeit ein, dass die Reibung nicht mehr in der ganzen Bruchfläche gleich gross bleibt, und dadurch wird die Rechnung ausserordentlich complicirt: es ist mir auch nicht geglückt, das angedeutete Resultat darzustellen. Auch Coulomb gelang es nicht, den Beweis, den er freilich auf eine andere Art zu führen versuchte, zu Ende zu bringen *) und soviel mir bekannt, hat Prony gleichfalls diesen Punkt nicht aufgeklärt, obwohl er in dem citirten Mémoire die ausführliche Untersuchung über die Form der Bruchfläche später zu geben verspricht.

Nach meinem Dafürhalten darf man auch nicht erwarten, dass die Bruchfläche unter allen Umständen eine Ebene sein wird, und namentlich wird sie bei partiellen Belastungen der Erdschüttung sich als eine stark gekrümmte cylindrische Fläche darstellen müssen. Wenn man nämlich von dem Gesichtspunkte ausgeht, dass jedesmal diejenige Bewegung eintritt, wobei der Schwerpunkt der ganzen getrennten Masse sich am tiefsten senkt, so ist es wahrscheinlich, dass bei einer Belastung, die ohnfern der Grenze der Bruchfläche liegt, die letztere abwärts gekrümmt sein wird, und sie wird aufwärts gekrümmt sein, wenn die Belastung nahe an der Wand angebracht ist. Finden dagegen solche partielle Belastungen nicht statt, so scheint es, dass die Bruchfläche eine Ebene sein muss: ich werde den Beweis dafür zu geben versuchen, nachdem ich eine zweite Voraussetzung in der obigen Untersuchung näher geprüft habe, die mit diesem Beweise im Widerspruch steht.

Diese Voraussetzung betrifft die Art, wie man sich die Kraft H angebracht denkt. In der vorstehenden Auseinandersetzung ist H so gross angenommen, dass ein Theil davon dem Herabgleiten des Prismas sich widersetzt, und ein anderer Theil den Druck auf die Bruchfläche und sonach die Reibung vermehrt. Wenn die bewegliche Wand durch nichts weiter, als durch diese horizontale

*) *Essai sur une application des règles de maxima et minima à quelques problèmes de statique, relatifs à l'Architecture.* Dieser Aufsatz ist in der neuern Ausgabe von Coulomb's *Théorie des machines simples.* Paris 1821 mit abgedruckt.

Kraft gehalten wird, so ist eine solche Annahme allerdings gegründet, wie sich dieses auch aus den obigen Bedingungsgleichungen für das Gleichgewicht derjenigen Kräfte ergibt; die sämmtlich auf den Schwerpunkt des Prismas wirken. Anders verhält es sich aber, wenn die Wand auf einem festen Fundamente steht, und beim Ausweichen wohl umgeworfen oder fortgeschoben werden kann, aber doch in ihrem Fusse nicht herabsinkt. Alsdann wird die Wand ihre Stellung schon behalten, sobald sie nur stabil genug ist, um dem horizontalen Theile derjenigen Kraft widerstehen zu können, womit das Prisma schräge herabzugleiten strebt. Dieses H ist aber viel kleiner, als jenes, das eben gefunden wurde. Woltmann hat in seiner Abhandlung über den Druck der Erde *) diese Verschiedenheit schon zur Sprache gebracht, und er führt eine Mittheilung von Kästner an, worin gerade diejenige Zerlegung der Kräfte gewählt wird, deren ich eben erwähnt habe. Diese Annahme stimmt auch mit den Beobachtungen, die Woltmann anstellte, gut überein, während die erste zu Resultaten führt, die von den beobachteten Werthen sehr weit abweichen. Woltmann entscheidet sich indessen doch für jene erste Annahme, und er wird in seiner Meinung noch durch einen Brief von Brünings bestärkt, der das von Kästner gewählte Verfahren für einen „Verstoss gegen die ganze Mathematik von Archimedes bis zu de la Grange“ erklärt. Nichts desto weniger ist dieses Verfahren den Verhältnissen, wie sie wirklich vorkommen, ganz angemessen, und die Beobachtungen bestätigen es auch.

Indem ich mit Rücksicht auf diese Abänderung die Untersuchung durchführe, will ich zugleich die Aufgabe allgemein stellen, und weder voraussetzen, dass die Wand vertical stehe, noch auch, dass die Hinterfüllungserde horizontal abgeglichen sei. Nichts desto weniger muss die Bedingung beibehalten werden, dass die Oberfläche der Hinterfüllungserde eine Ebene bildet, und keine partielle Belastung darauf vorkommt, weil nur in diesem Falle die Annahme einer Bruchebene sich rechtfertigen lässt. Man hat auch sonst schon den Druck von schrägen Erdschüttungen gegen schräge Wände untersucht, da jedoch in diesen

*) Beiträge zur hydraulischen Architektur: Band III. und IV. Göttingen 1794 und 1799.

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 13

Rechnungen immer die unpassende Zerlegung des Horizontaldruckes eingeführt worden ist; so war es überflüssig, sie zu wiederholen, und ich habe mich begnügt, sie nur für den einfachsten Fall mitzutheilen.

Wenn keine partiellen Belastungen der Hinterfüllungserde vorkommen, so wird der Druck, den das abbrechende Prisma ABC Fig. 2 normal gegen die Wand AB ausübt, sich aus den Pressungen zusammensetzen, welche seine einzelnen Theile in derselben Richtung äussern, und die Pressung eines jeden Theiles, der die Wand nicht unmittelbar berührt, überträgt sich ungeschwächt durch die dazwischen liegende Erdmasse, weil das ganze Prisma sich bei der ersten Bewegung nicht weiter trennt, und es daher während dieser Zeit als fester Körper wirkt. Betrachte ich nun eine Scheidungsebene DE , welche mit der Wand AB parallel ist, so wird der ganze Druck gegen die letztere gleich sein der Summe der Pressungen der beiden Prismen $ABDE$ und DEC . Der erste Theil ist durch die Krümmung der Bruchfläche BE bedingt, und sonach als constant anzusehen, wogegen der letzte noch variabel bleibt, wenn man zweifelhaft ist, in welcher Richtung die Bruchfläche von E ab, sich aufwärts fortsetzen wird. Man untersucht hier denjenigen Fall, wobei die Normalpressung gegen die Wand ein Maximum ist: es muss also auch die in gleicher Richtung ausgeübte Pressung des kleinen Prismas gegen DE ein Maximum sein. Wenn man nun von der Cohäsion ganz abstrahirt, so überzeugt man sich leicht, dass der Querschnitt des kleinen Prismas DEC , dem des grossen ABC ähnlich sein muss, damit er ebenso wie dieses das Maximum der Pressung darstellt. Eine solche Aehnlichkeit zwischen dem ganzen Bogen BEC und jedem beliebigen Theile desselben EC findet aber nur statt, wenn BEC eine gerade Linie wird. Die Bruchfläche ist sonach unter diesen Umständen eine Ebene.

Auf die Cohäsion werde ich im Folgenden nicht Rücksicht nehmen, wie dieses auch gemeinhin geschieht, indem dieselbe zu sehr von zufälligen Umständen abhängt, und ihr Werth bei einer frisch aufgeschütteten Erde überhaupt sehr geringe ist. Dazu kommt noch, dass der Stand ebensowohl im ganz trockenen, als im sehr nassen Zustande keine Cohäsion hat.

Dass ich den gegen die Wand normal gerichteten Druck betrachte, und nicht etwa den, welcher horizontal dagegen ausgeübt wird, wie dieses Prony thut, rechtfertigt sich schon dadurch, dass der erstere beim Drehen der Wand um eine gewisse horizontale Achse auf eine einfachere Art in Rechnung gestellt werden kann, als der letztere: und dieses ist gerade der Fall, der immer vorkommt, denn es giebt wohl kein Beispiel dafür, dass eine Mauer ohne Aenderung ihrer Neigung durch den Erddruck fortgeschoben wäre. Dazu kommt noch der Umstand, dass der Einfluss der Reibung zwischen der Wand und der zunächst dahinter liegenden Erde sich auf diese Art ganz vernachlässigen lässt. Sobald die Wand nämlich ihre Stellung noch nicht verändert hat, so befindet sich die Erde neben ihr auch noch in Ruhe, und die erste Bewegung, welche erfolgen kann, und die hier gerade untersucht werden soll, zeigt sich darin, dass der erwähnte Normaldruck, der von dieser Reibung ganz unabhängig ist, die Wand fortstösst: erst wenn dieses geschehen ist, fängt die Erde an zu sinken, und der Einfluss der Reibung giebt sich alsdann zu erkennen.

Es bilde nach Fig. 3. die Wand AB den Winkel α gegen das Loth, und die Oberfläche der Hinterfüllungserde AC den Winkel β gegen den Horizont. Ausserdem sei die in schräger Richtung gemessene Höhe der Wand, oder AB wieder gleich h und γ das Gewicht von einem Cubikfuss der Hinterfüllungserde, und endlich die Breite der Wand und des Erdprismas gleich 1. Alsdann wirken gegen den Schwerpunkt vier Kräfte, nämlich:

- 1) Q oder das Gewicht des Prismas. Dieses ist, wenn man die Neigung der Bruchebene gegen das Loth wieder gleich φ setzt

$$Q = \frac{1}{2} h^2 \gamma \cos(\alpha + \beta) \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varphi + \beta)}$$

- 2) der zunächst zu ermittelnde Druck P der zur Bruchebene parallel eingerichtet ist,
- 3) der Normaldruck gegen die Bruchebene N , und
- 4) die Reibung $R = f N = N \cotg \psi$, welche in derselben Richtung wie P wirkt.

Diese Kräfte stehen untereinander im Gleichgewichte, wenn den folgenden beiden Gleichungen genügt wird, nämlich:

$$0 = P + R - Q \cos \varphi$$

$$\text{und } 0 = N - Q \sin \varphi$$

es ergibt sich daraus

$$P = Q \frac{\sin(\psi - \varphi)}{\sin \psi}$$

Diese Kraft P wirkt parallel zur Bruchebene, und trifft bei ihrer geradlinigen Uebertragung die Wand in einem Abstände von dem untern Rande derselben, der gleich $\frac{1}{3} h$ ist. Der Winkel aber, den P mit der Wand macht, ist gleich $\varphi - \alpha$, daher ist der gegen die Wand normal geäußerte Druck, oder

$$H = \frac{Q \sin(\varphi - \alpha) \sin(\psi - \varphi)}{\sin \psi} \\ = \frac{1}{2} h^2 \gamma \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\sin \psi} \cdot \frac{\sin(\varphi - \alpha)^2 \cdot \sin(\psi - \varphi)}{\cos(\varphi + \beta)}$$

In diesem Ausdrücke ist der letzte Coefficient allein von dem noch unbekannten Winkel φ abhängig, und man wird das Maximum des Werthes für H finden, wenn man

$$d\left(\frac{\sin(\varphi - \alpha)^2 \cdot \sin(\psi - \varphi)}{\cos(\varphi + \beta)}\right) = 0$$

setzt. Die einfachste Form, in welcher sich dieser Ausdruck darstellt, ist

$$\sin(\alpha + \beta + \psi - \varphi) = \cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(2\varphi + \beta - \psi)$$

Man kann hiernach den Werth von φ nicht direct berechnen, man muss vielmehr durch willkürliche Annahmen, und durch Probiren denselben auffinden. Ist auf solche Art die Neigung der Bruchebene ermittelt, so ergibt sich der Werth von H , und derselbe trifft die Wand in dem Abstände $\frac{1}{3} h$ von dem untern Rande derselben.

Für den Fall, dass die Wand senkrecht steht, und die Hinterfüllungserde horizontal abgeglichen ist, hat man

$$\alpha = 0 \text{ und } \beta = 0$$

es lassen sich alsdann die Gleichungen sehr bedeutend vereinfachen. Man erhält nämlich

$$H = \frac{h^2 \gamma}{3 \sin \psi} \cdot \sin \varphi \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin(\psi - \varphi)$$

und wenn man das Product der letzten drei Factoren, welche das

noch unbekannte φ enthalten, differenziert und alsdann gleich Null setzt, so folgt

$$\operatorname{tgt} \varphi^3 + 3 \operatorname{tgt} \varphi - 2 \operatorname{tgt} \psi = 0$$

woraus sich nach der Cardanischen Regel der Werth von $\operatorname{tgt} \varphi$ unmittelbar berechnen lässt, nämlich:

$$\operatorname{tgt} \varphi = \sqrt[3]{(\operatorname{Sec} \psi + \operatorname{tgt} \psi)} - \sqrt[3]{(\operatorname{Sec} \psi - \operatorname{tgt} \psi)}$$

Wenn man diesen Ausdruck, so wie auch den für H benutzt, so ist die Rechnung etwas mühsamer, als nach der ersten Methode, sie wird aber sehr einfach, sobald man die am Schlusse dieses Paragraphen mitgetheilte Tabelle nachschlägt, worin für jeden Reibungswinkel ψ unmittelbar die Neigung der Bruchebene oder φ und ausserdem der Werth von H angegeben ist.

Es kommt nunmehr darauf an, die Resultate der Rechnung mit denen der Beobachtung zu vergleichen. Alle hierher gehörigen Messungen erlauben indessen keine grosse Schärfe, wie sich dieses aus den folgenden Mittheilungen ergeben wird, und die Resultate sind augenscheinlich immer um so weniger genau, je mehr sie von fremdartigen Einwirkungen abhängig waren.

Ich mache mit der Beschreibung meiner eignen Beobachtungen den Anfang. Fig. 4 *a* und *b* zeigt in der Ansicht von vorn und von der Seite den Apparat, dessen ich mich bediente. Er unterscheidet sich von den sonst üblichen besonders dadurch, dass das Hinterfüllungsmaterial sich nicht in einem Kasten befindet, sondern es vielmehr auf einer Tafel frei aufgeschüttet ist. Bei dieser Anordnung verschwindet die Reibung gegen die Seitenwände ganz, welche sonst immer einen merklichen Einfluss auf das Resultat behält, ohne dass man ihren Werth bestimmt bezeichnen konnte. Die bewegliche Wand, welche durch den Seitendruck fortgedrängt wird, muss senkrecht aufgestellt sein und sie darf der ersten Bewegung keinen andern Widerstand entgegensetzen, als denjenigen, welchen man durch die Spannung des Fadens misst, ausserdem muss sie auch die nöthige Steifigkeit besitzen, um nicht etwa seitwärts oder unten ausgebogen zu werden. Sie bestand in einem leichten Bretchen *AB*, das an einer Latte *DA* befestigt war. Um der letzten die nöthige Steifigkeit zu geben, dienten die beiden rückwärts aufgeleimten hochkantigen Leisten *F* und *G*. Die erwähnte Latte war an einer metallenen Achse *C*

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 17

befestigt, die sich auf zwei Stahlspitzen mit sehr geringer Reibung drehte. Endlich trug die Latte oben noch einen horizontalen Arm, worauf das Gegengewicht *H* steckte. Das letzte wurde vor dem Beginne der Beobachtungen so weit verschoben, bis die pendelartig aufgehängte Wand eine lothrechte Stellung annahm. Nunmehr stellte man sie fest, indem die Schraube *K*, welche gerade dem Faden gegenüber angebracht war, sanft dagegen bewegt wurde. Der Boden *L M*, der die Schüttung aufnehmen sollte, und der an der Seite, wo er die Wand berührte, in eine scharfe Schneide auslief, wurde sodann dagegen geschoben, und theils nach einem Niveau, theils aber auch nach den Bezeichnungen an der Wand in seine gehörige Lage gebracht. Die Aufschüttung erfolgte möglichst leise, und zwar in der Art, dass das Material niemals tief herabfiel. Zur Darstellung des regelmässigen Hautens bediente ich mich zwar einer Chablone, doch durfte die Masse damit nicht förmlich abgestrichen werden, weil dieses eine zu feste und unregelmässige Ablagerung des Sandes veranlasste, die sich sogleich durch bedeutende Abweichungen im Resultate zu erkennen gab. Geringe Unebenheiten in der Oberfläche der Schüttung zeigten sich dagegen viel weniger nachtheilig.

Endlich wurde der Faden *AP* um die Rolle *N* geschlungen und die Wagschale *Q* angehängt. Die Rolle *N* lief wieder zwischen Stahlspitzen, woher die Reibung, die sie veranlasste, sich als ganz geringfügig herausstellte, und das Gewicht des Fadens, der in einem starken Seidenfaden bestand, konnte gleichfalls unbeachtet bleiben. Der Druck der Schüttung ergab sich nun, indem die hinreichend mit Gewichten beschwerte Schale nach und nach erleichtert wurde, während die Schraube *K* um einige Windungen zurückgedreht war. Eine sehr sanfte Verminderung des Gewichtes auf der Schale erfolgte, wenn ich ein Gefäss mit feinem trockenen Sande darauf stellte, und den Inhalt desselben langsam ausfliessen liess; doch konnten die Gewichte auch sehr sicher gewechselt werden, wenn dabei jedesmal die Wand entweder durch die Schraube *K* oder auch wohl durch die vorgehaltene Hand gestützt wurde. Die Beobachtung liess in sofern eine grosse Schärfe erwarten, als die Wand jedesmal plötzlich in Bewegung kam, und nie nicht unmerklich auszuweichen anfang, wie dieses bei der gewöhnlichen Einrichtung des Apparats geschieht.

Der trapezförmige Querschnitt der Schüttung ist Fig. 4. a angedeutet, und es liess sich aus den Beobachtungen leicht der Druck einer Schüttung mit senkrechten Seitenwänden $\alpha\beta\gamma\delta$ finden, wenn man von dem Drucke, den die Schüttung $\varepsilon\alpha\beta\zeta$ ausübte, denjenigen der Schüttung $\delta\eta\lambda$ abzog. Ich versuchte dieses Verfahren abzuwenden, fand aber, dass die Beobachtung im letztem Falle besonders unsicher wurde, zog es daher vor, nur die erste Beobachtung mit der Rechnung zu vergleichen. Ich lege hiermit den Ausdruck

$$H = \frac{1}{2} h^2 b \gamma A$$

zum Grunde, wobei es noch unbestimmt sein mag, ob A den in der nachstehenden Tabelle angegebenen Werth hat, oder es nach Prony gleich $\text{tgt} \frac{1}{2} \psi^2$ ist. Bei allen Beobachtungen, die ich anstellte, wählte ich ein Material, das augenscheinlich, von jeder Cohäsion frei war, dieselbe hat demnach gar keinen Einfluss auf die nachstehenden Resultate.

Setzt man den verticalen Abstand der Drehungsachse von der Basis der Schüttung, oder $CL = l$

den verticalen Abstand der Drehungsachse von dem Faden, oder $CA = \lambda$

die Höhe der Schüttung, oder $\frac{1}{2} L = h$

ihre obere Breite, oder $\alpha\beta = b$

ihre untere Breite, oder $\varepsilon\zeta = b + 2c$

folglich die Basis der Seitenböschung, oder $\varepsilon\gamma = c$

so ist das Moment von dem mittlern Theile der Schüttung, oder von $\alpha\beta\gamma\delta$ gleich

$$\frac{1}{2} h^2 b \gamma (l - \frac{1}{3} h) A$$

Wenn man aber die Böschungen in sehr schmale vertical Schichten zerlegt denkt, und für jede derselben das Moment des Druckes in Bezug auf die Drehungsachse sucht; so ist das integrale davon, oder das Moment des Druckes von einer Böschung

$$= \frac{1}{6} h^2 c \gamma (l - \frac{1}{4} h) A$$

das Moment der ganzen Schüttung ergibt sich sonach

$$\frac{1}{2} h^2 \gamma [b (l - \frac{1}{3} h) + \frac{2}{3} c (l - \frac{1}{4} h)] A$$

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 19

und dieses ist gleich dem Momente des angehängten Gewichtes P , also

$$= \lambda P$$

woraus sich der Werth für A berechnen lässt.

Die Abmessungen des Apparates, dessen ich mich bediente, waren in Zollen

$$l = 39,22$$

$$\lambda = 33,22$$

$$b + 2c = 17,6$$

$$\text{folglich für } a = 1 \text{ ist } b = 14,4 \text{ und } 2c = 3,2$$

$$= 2 \quad = 11,2 \quad = 6,4$$

$$= 3 \quad = 8,0 \quad = 9,6$$

$$= 4 \quad = 4,8 \quad = 12,8$$

$$= 5 \quad = 1,6 \quad = 16,0$$

Die Beobachtungen stellte ich theils mit dem feinen staubigen Sande an, wie er bei Berlin gewöhnlich vorkommt, theils aber mit schwarzem Streusande, beides in vollkommen trockenem Zustande, und endlich auch mit Schrot. Die Beobachtungen mit dem Streusande sind am häufigsten wiederholt, und daher als die sichersten zu betrachten, ich will sie hier vollständig mittheilen. Dieser Sand besteht aus Körnchen von ziemlich gleicher Grösse, die durch einen schwachen Wellenschlag von andern Sandkörnern und allem Staube gereinigt sind: ihr Durchmesser hält im Maximum etwa $\frac{1}{4}$ Linie. Der Cubikzoll wiegt in trockenem Zustande bei einer möglichst lockern Aufschüttung 2,82 Loth: dieses ist also der Werth von γ .

Die Zahlen der folgenden Tabelle zeigen diejenige Belastung der Schale in Lothen an, wobei die Wand in Bewegung kam;

$h = 1$	$h = 2$	$h = 3$	$h = 4$	$h = 5$
3,9	18,3	36,5	54,0	70,0
3,7	18,3	38,5	59,5	66,5
3,9	20,7	38,2	57,0	67,5
4,0	18,5	39,5	55,5	68,5
4,8	19,9	38,5	59,5	72,5
4,3	18,7	40,5	61,0	72,0
4,2	19,2	37,7	59,5	72,5
3,9	19,6	38,5	60,5	73,5
4,4	20,2	41,0	59,5	70,0
4,2	18,5	38,8	58,6	71,5
4,3			60,0	

als mittlere Werthe ergeben sich

für $h = 1 \dots 4,14$ und $P = 6,39$

$h = 2$	19,19	21,44
$h = 3$	38,77	41,02
$h = 4$	58,60	60,85
$h = 5$	70,50	72,75

In dem Werthe von P ist das Gewicht der Wagschale zugesetzt. Berechnet man hieraus nach der vorstehenden Formel die Grösse von A , so folgt

für $h = 1 \dots A = 0,2503$

$h = 2 \dots = 0,2455$

$h = 3 \dots = 0,2504$

$h = 4 \dots = 0,2598$

$h = 5 \dots = 0,2610$

im Mittel $A = 0,2534$.

Aus diesem Werthe von A ergibt sich nach der mitgetheilten Tabelle der Reibungswinkel gleich $63^\circ 44'$; nach der Poisson'schen Formel dagegen gleich $53^\circ 26'$.

Es entsteht die Frage, auf welche Art man diesen Winkel unmittelbar messen kann, denn seine Grösse stellt sich sehr verschieden dar. Schüttet man nämlich diesen Sand in einen Kasten, dem die eine Seitenwand fehlt, so dass sich hier die Böschung darstellt, und man lässt vorsichtig längere Zeit hindurch Sandmassen darüber fliessen, so finden die einzelnen Körner noch immer Unebenheiten, in welche sie gerade passen, und in sie hier liegen bleiben, so wird die Böschung merklich abgetragen und sie nimmt eine Neigung von 58, auch wohl von 57 Grad gegen das Loth an, man kann sie auch noch steiler machen, wenn man eine Platte darauf legt, und fest andrückt, und also den Kasten noch leise neigt. In diesem Falle ist die Ablage der Körnerchen aber keineswegs auffällig, wie sie es bei der ausschüttung in den beschriebenen Versuchen war, sondern man künstlich eine recht dichte und geschlossene Oberfläche erzeugt. Wenn man andererseits den Kasten mit einer beweglichen Verschiebe versieht, und letztere nach der Füllung fortnimmt, so stürzt keineswegs die ganze Sandmasse, die sich über der Verschiebung findet, plötzlich und mit grosser Erschütterung heraus. D

geschieht nur mit demjenigen Prisma, welches den stärksten Druck ausübt: ihm folgen minder schnell andere Sandmassen, und zuletzt rieseln die Körnchen wieder leise herab, und lagern sich wieder sehr steil übereinander. Der untere Theil der Böschung, über den mehr Sand herüberfliesst, als über den obern, nimmt jedesmal eine steilere Neigung an, als der letzte. Der obere Theil, der am meisten noch die natürliche Ablagerung der Körnchen beibehält, zeigt schon eine Neigung von 60 Graden, oder eine noch grossere, besonders wenn die Aufschüttung eben so sanft, und ohne allen Druck der Erschütterung gemacht war, wie dieses bei den Versuchen über den Seitendruck wirklich geschah. Es ist indessen auch in diesem Falle die Oberfläche schon verändert worden: ich schüttete daher den Sand noch sehr vorsichtig in ein Gefäss, und bemühte mich, dasselbe möglichst gleichmässig bis zum Rande zu füllen, worauf ich es sehr leise abstrich, und dadurch eine horizontale Oberfläche der Schüttung darstellte, nunmehr neigte ich das Gefäss, auf einem passenden Gestelle, nach einer Seite und beobachtete die Oberfläche. Die Körnchen hatten sich offenbar ursprünglich in der Art übereinander gelagert, dass sie sich in der Richtung nach unten gehörig stützten, bei der veränderten Stellung des Gefässes trat indessen die Tendenz zu einer seitwärts gerichteten Bewegung ein, gegen welche keine vollständige Unterstützung stattfand: und so geschah es gewöhnlich, dass bei einer Neigung von 65 Graden gegen das Loth sich schon eine kleine stossweise Bewegung zeigte, die aber jedesmal spätestens bei 63 Graden eintrat. Diese erste sehr kleine Bewegung war es aber, die bei den Versuchen über den Seitendruck des Sandes schon die Wand fortstiess, und sie muss daher auch bei der Bestimmung der Reibung berücksichtigt werden.

Ich versuchte es demnächst, noch die Grösse der Reibung bei diesem Sande auf andere Art zu bestimmen, nämlich durch Messung des Zuges, der erforderlich ist, um eine gewisse Sandmasse über der andern fortzuschieben. Dieser Weg ist auch sonst schon versucht worden, doch hat er, so viel bekannt, zu keinem Resultate geführt, indem fremdartige Umstände dabei einen zu bedeutenden Einfluss behalten. Man füllte nämlich einen Kasten mit Sand, und legte auf selbigen einen eben so grossen, oder wenigstens eben so breiten Kasten, der jedoch weder oben

noch unten einen Boden hatte. Nachdem der letztere gleichfalls mit Sand angefüllt war, so versuchte man ihn fortzuziehen, oder man liess ihn von selbst herabgleiten, indem der untere Kasten seitwärts geneigt wurde. Es drückte indessen die Füllung des obern Kastens keineswegs mit ihrem ganzen Gewichte auf die des untern, vielmehr wurde sie zum Theil auch von den Wänden des obern getragen, und sonach maass man nicht die Reibung zwischen Sand und Sand, sondern grossentheils die zwischen Holz und Holz.

Ich änderte den Apparat in der Art ab, dass ich dem beweglichen Kasten nur eine sehr geringe Höhe gab, und ihn alsdann mit einem losen Boden bedeckte, auf dem Gewichte aufgestellt waren. Die letzteren übten in Verbindung mit der dünnen Sandschicht den Druck gegen die untere Sandfläche aus, und nur ein sehr kleiner Theil dieses Druckes konnte bei der geringen Höhe der obern Wände sich auf diese übertragen. Ferner berührte der obere Kasten den untern gar nicht, sondern ruhte vorn und hinten auf Walzen, wodurch jede merkliche fremdartige Reibung entfernt wurde. An dem beweglichen Kasten war ein Seidenfaden befestigt, der über eine Rolle lief, und die Wagschale trug: in die letztere floss feiner Sand hinein, der die Vermehrung des Zuges bewirkte. Der Wagen nahm jedesmal zuerst eine unmerkliche Bewegung an, deren Eintritt man nicht genau wahrnehmen konnte, und wodurch er etwa um $\frac{1}{4}$ Linie sich fortbewegte, alsdann aber zeigten sich einige plötzliche Stösse. Bei dem ersten derselben sperrte ich den Sandzufluss in die Schale ab und wog dieselbe nebst ihrem Inhalte.

Der bewegliche Kasten hatte eine Grundfläche von 9 Quadratzoll und eine Höhe von 2 Linien, doch wurde er nur $1\frac{1}{4}$ Linien hoch mit Sand angefüllt, und über dem Deckel abwechselnd mit 1, $1\frac{1}{4}$ und 2 Pfund beschwert.

Es ergab sich der Reibungs-Coefficient

bei der Belastung von 1 Pfund gleich 0,470

- - - - - $1\frac{1}{4}$ - - - 0,442

- - - - - 2 - - - 0,493

und zwar sind dieses jedesmal die Mittelwerthe aus je drei Beobachtungen. Der Reibungswinkel ergibt sich hiernach gleich

64° 50'

66° 9'

und 63° 45'

im Mittel 64° 55'

was wieder mit dem aus der Grösse A hergeleiteten ersten Werthe von ψ bis auf einen Grad übereinstimmt.

Von den Beobachtungen, die mit dem feinen staubartigen weissen Sande angestellt wurden, der gleichfalls vollkommen trocken war, will ich nur die Endresultate anführen: die einzelnen Messungen zeigen unter sich etwas grössere Abweichungen, als die obigen, und dieses rührt daher, dass dieser Sand, sobald er auch nur in geringer Höhe aufgeschüttet wird, aller Vorsicht unachtet, merklich zusammen sinkt, und alsdann eine grössere Dichtigkeit annimmt. Dieser Umstand beeinträchtigte allerdings die Schärfe der Beobachtungen, indem er eine verschiedenartige Ablagerung bedingt, nichts desto weniger treten dabei ganz ähnliche Verhältnisse ein, wie sie bei denjenigen Schüttungen vorkommen, an welchen man die steifste Dossirung misst, und sonach lässt sich in diesem Falle die Vergleichung des Reibungswinkels viel unmittelbarer anstellen, ohne dass man auf die ersten kleinen Bewegungen Rücksicht zu nehmen braucht, die hier in der That fast unmerklich sind.

Bei diesem Sande ergab sich γ gleich 1,87 Loth und der Reibungswinkel beim plötzlichen Entfernen der Wand, oder auch wenn man kleine Massen leise darüber fliessen liess, zwischen 34 und 39 Graden.

Aus 14 Beobachtungen folgte

für $h=2$ $A=0,177$ $=3$ $=0,191$ $=4$ $=0,187$

Die Beobachtungen wurden bei der Schüttung von 5 Zoll Höhe nicht angestellt, weil alsdann ein zu starkes Setzen des Sandes eintrat, was der Bestimmung des Werthes von γ nicht mehr entsprach, und für die Höhe von 1 Zoll fiel der Seitendruck so unbedeutend aus, als dass er noch sicher hätte beobachtet werden können.

Der mittlere Werth von A ist sonach 0,185 und diesem entspricht der Reibungswinkel $\psi=56^\circ 39'$, was mit der unmittel-

baren Beobachtung nahe genug übereinstimmt. Nach der Herleitung, die Prony wählt, würde aus der beobachteten Grösse von A der Reibungswinkel $46^{\circ} 33'$ folgen. Es verdient noch bemerkt zu werden, dass ich mittelst des beschriebenen Apparats auch für diesen Sand den Reibungs-Coefficienten zu bestimmen versuchte. Anfangs trat auch hierbei die unmerkliche Bewegung ein, doch war der alsdann erfolgende Stoss viel kräftiger und schob den Wagen gemeinhin so weit vor, dass die Schale auf den Tisch aufstiess. Der mittlere Werth der Reibung war 0,632, woraus der Reibungswinkel sich gleich $57^{\circ} 39'$ ergibt.

Endlich sind noch die mit dem Schrote angestellten Beobachtungen anzuführen. Die einzelnen Körner hatten nahe eine Linie im Durchmesser und der Cubikzoll wog 8,245 Loth. Bei der Bestimmung des Reibungswinkels traf ich wieder auf dieselben Schwierigkeiten, wie bei dem grobkörnigen Streusande. Wenn ein Gefäss damit angefüllt und in horizontaler Lage abgestrichen war, so kamen einzelne Körnchen schon bei geringer Neigung in Bewegung: etwa bei 69 Graden gegen das Loth geneigt, rückte die ganze Masse etwas vor, aber noch bei 63 Graden hielt sich die Böschung, und erst wenn sie noch steiler wurde, trat die allgemeine Bewegung ein. Man konnte indessen, nachdem eine solche eingetreten war, die Neigung noch um mehrere Grade steiler machen, indem man einzelne Körnchen oben aufbrachte. Dieselben fingen an, herabzurollen, keines erreichte aber anfangs den Fuss der Böschung, indem sie alle auf ihrem Wege hier oder dort eine Lücke fanden, in welcher sie liegen blieben. Es ergibt sich hieraus deutlich, dass die steilste Neigung, die man auf die letzte Art darstellt, keineswegs diejenige ist, welche der Reibung im Innern der Masse bei einer ganz zufälligen Ablagerung entspricht; vielmehr ist dieses diejenige Neigung, wobei sich die erste Bewegung zeigt. Der Versuch, die Reibung durch den Widerstand des beweglichen Kastens zu bestimmen, führte bei diesem Materiale zu keinem Resultate, denn die Bewegung trat sehr bald, doch unmerklich ein, und es zeigte sich, dass die einzelnen Kügelchen, die nur in wenig Schichten den obern Kasten füllten, eine rotirende Bewegung annahmen, und deshalb ihr Widerstand sehr klein war.

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 25

Bei der Messung des Seitendrucks beschränkte die geringe Neigung, welche den Seitenflächen der Schüttung gegeben werden konnte, sehr merklich ihre Höhe. Ich erhielt aus dreizehn einzelnen Beobachtungen

für $h = 1$ Zoll	$A = 0,278$
$= 1,5$ -	$= 0,298$
$= 2$ -	$= 0,305$
$= 2,5$ -	$= 0,301.$

Der mittlere Werth ist sonach $A = 0,295$, und hieraus ergibt sich der Reibungswinkel gleich $67^{\circ} 14'$: nach Prony's Rechnung müsste derselbe $57^{\circ} 1'$ sein.

Durch die vorstehende Auseinandersetzung meiner Beobachtungen hoffe ich nicht nur die von mir gewählte Zerlegung der Kräfte bestätigt, sondern ausserdem auch darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass der Reibungswinkel keineswegs durch die steilste Böschung bestimmt wird, die man einem gewissen Hinterfüllungsmaterial irgend zu geben vermag.

Unter den sonst angestellten Beobachtungen über den Seitendruck der Erde sind zunächst die von Woltman zu erwähnen. *) Ein Kasten von 6 Fuss Länge 4 Fuss Breite und 4 Fuss Höhe war an einer seiner schmalen Seiten mit einer beweglichen Wand versehen, die sich um eine horizontale Achse drehen liess. Diese Drehungsachse konnte man aber ebensowohl in dem obern, wie in dem untern Rande der Wand anbringen. Von demjenigen Rande, welcher der Achse gegenüber stand, ging eine Schnur entweder über oder unter dem Kasten rückwärts über eine Rolle und trug am andern Ende eine Scheibe, worauf die Gewichte standen, durch deren allmähliche Verminderung der Erddruck bestimmt wurde. Auf solche Art liess sich in den Beobachtungen einige Abwechslung hervorbringen, und man konnte auch ermitteln, ob der Mittelpunkt des Druckes wirklich auf den dritten Theil der Höhe von der Erdschüttung traf. Bezeichnet man nämlich mit k den beobachteten Zug, den die Schnur ausüben muss, wenn sie im obern Rande der Wand befestigt ist, während die Drehungsachse sich unten befindet, und durch k' den Zug, wenn die Schnur unten und die Achse oben liegt; ferner durch P den gesuchten Druck der Erde,

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. Band III. Seite 175.

VI. Uferschälungen.

Durch A die ganze Höhe der Wand, und durch h n die Höhe des Mittelpunktes des Druckes oder desjenigen Punktes, den P trifft, so hat man

$$k h = P h n$$

$$\text{und } k' h = P h (1 - n)$$

$$\text{woraus sich ergibt } P = k + k'$$

$$\text{und } n = \frac{k}{k + k'}$$

Die Beobachtungen zeigten wirklich, dass n jedesmal sehr nahe ein Drittel war: ich werde daher bei der Mittheilung der Beobachtungen die gefundenen Gewichte (k und k') gleich auf den Angriffspunkt reduciren, oder die Werthe von P angeben, welche mit der früher durch H bezeichneten Grösse übereinstimmen sollen.

Woltman hat ausserdem noch die Correctionen berechnet, die wegen der Reibung der Rolle und wegen des Gewichtes der Scheibe anzubringen sind. Für den Versuch Nro. IX habe ich dieses in derselben Art gethan. Der Kasten wurde nicht immer ganz angefüllt, zuweilen betrug die Höhe der Schüttung oder h nur 2 Fuss. Die Breite der Schüttung oder b war jederzeit 4 Fuss. Die steilsten Böschungen, welche das Hinterfüllungsmaterial annahm, oder den Winkel ψ hat Woltman theils früher*), theils bei der Beschreibung der Versuche angegeben, und ebenso auch γ oder das Gewicht von einem Cubikfusse eines jeden Materials. In der folgenden Zusammenstellung bezeichnet H den beobachteten Erddruck nach Anbringung der erwähnten Correction und der Reduction, H' den berechneten Erddruck nach der Pronyschen Formel, nämlich

$$H' = \frac{1}{2} h^2 b \gamma \cdot \operatorname{tgt} \frac{1}{2} \psi^2$$

Im Wesentlichen stimmt hiermit der von Woltman hergeleitete Ausdruck überein. H'' ist endlich der Werth nach der von mir gegebenen Formel, oder

$$H'' = \frac{1}{2} h^2 b \gamma \cdot A$$

Alle Angaben beziehen sich auf Hamburger Maass und Gewicht.

*) Beiträge etc. Band III. Seite 167.

	h	γ	ψ	H	H'	H''
I. trockner Flugsand .	4 Fuss	75,5 Pf.	58°	393,9	722,6	462,6
II. desgl.	2 „	— „	—	97,2	180,7	115,6
III. desgl.	4 „	— „	—	345,1	722,6	462,6
IV. desgl.	2 „	— „	—	91,8	180,7	115,6
V. feuchte Ackererde .	4 „	62 „	45°	238,5	340,4	210,1
VI. desgl.	2 „	— „	—	52,5	85,1	52,5
VII. desgl.	4 „	— „	—	196,2	340,4	210,1
VIII. desgl.	2 „	— „	—	47,4	85,1	52,5
IX. a) Kiesel	4 „	79 „	54°	198,4	656,3	414,6
b) desgl.	2 „	— „	—	65,1	164,1	103,6
X. Rappsaat	4 „	34½ „	65°	227,4	444,8	293,3
XI. desgl.	4 „	— „	—	241,5	444,8	293,3
XII. Roggen	4 „	35,5 „	65°	205,2	461,1	304,0
XIII. desgl.	4 „	— „	—	182,4	461,1	304,0

Es ergibt sich aus dieser Zusammenstellung, dass beide Berechnungsarten nicht die beobachteten Resultate darstellen, dass aber die erste jedesmal viel stärker abweicht, als die zweite: diese schliesst sich sogar an die Beobachtungen V bis VIII recht gut an. Man bemerkt aber sogleich, dass auf die Beobachtungen noch die Reibung zwischen dem Füllungsmaterial und den feststehenden Seitenwänden einen grossen Einfluss haben muss, der um so bedeutender wird, je mehr die Bruchebene gegen das Loth geneigt ist; aus diesem Grunde wird in den vier letzten Beobachtungen die bedeutendste Verminderung von H erfolgen und in den Beobachtungen V bis VIII die geringste. Auch Woltman ist auf diesen Umstand aufmerksam geworden, und er äussert, dass die bewegliche Wand wenigstens zehnmal so lang, als hoch hätte sein müssen, damit diese Reibung nicht einen so starken Einfluss auf das Resultat behielte.

Wenn man indessen den Coefficienten für die Reibung zwischen dem Hinterfüllungsmaterial und der Wandfläche kennt; so ist man im Stande, ihren Einfluss auf das Resultat zu berechnen. Nimmt man nämlich an, dass auch in diesem Falle der Bruch des am stärksten drückenden Prismas noch in einer Ebene erfolgt, so

VL Uferschälungen.

man diese eine andere und wahrscheinlich eine geringere Neigung gegen das Loth annehmen, als sie sonst haben würde. Es sei diese Neigung gleich λ , so kann man beide Grundflächen des Prismas, die oben gegen die festen Seitenwände drücken, so betrachten, als beständen sie aus einer grossen Anzahl sehr schmaler, senkrecht stehender Rechtecke; und der Druck, den jedes derselben auf die Wand ausübt, ist nach dem obigen Ausdrucke für M zu berechnen. Summirt man endlich diese Pressungen, so ergibt sich der Druck gegen eine Wand gleich

$$\frac{1}{6} h^2 \gamma A \operatorname{tgt} \lambda$$

Nennt man den Coefficienten der Reibung zwischen der Erde und der Wand ν , so findet man die Reibung, welche das abbrechende Prisma an seinen beiden Grundflächen erfährt

$$\frac{1}{3} \nu h^2 \gamma A \cdot \operatorname{tgt} \lambda$$

Daraus lässt sich der ganze Druck, mit welchem das Prisma schräge herabzugleiten strebt, und aus diesem wieder der horizontale Druck gegen die Wand berechnen, nämlich

$$H = \left[\frac{1}{2} h^2 \gamma \frac{\sin(\psi - \lambda)}{\sin \psi} - \frac{1}{3} \nu h^2 \gamma A \right] \operatorname{tgt} \lambda \cdot \sin \lambda$$

Die Höhe, in welcher dieser Druck ausgeübt wird, ist nach Woltman's Versuchen wieder sehr nahe dem dritten Theile von der Höhe der ganzen Erdschüttung gleich.

Um den Reibungs-Coefficienten ν zu bestimmen, stellte ich Prismen oder Cylinder von verschiedenem Material in einem Gefässe senkrecht auf und beschüttete sie bis zu einer bestimmten Höhe ringsum mit Sand: der Druck, den der letztere gegen sie ausübte, konnte nach dem Vorstehenden leicht berechnet werden, die Reibung aber liess sich unmittelbar beobachten, indem ich die Kraft maass, die erforderlich war, um die Körper herauszuziehen. Es ergab sich hieraus der jedesmalige Werth von ν , und zwar betrug derselbe bei glatten, jedoch nicht polirten Holzflächen ungefähr $\frac{1}{3}$. Er ist also sehr nahe übereinstimmend mit der Reibung zwischen Sand und Sand.*) Ich bemerke aber noch, dass, wenn

*) Die Zusammenstellung dieser Resultate habe ich in Poggendorff's Annalen Band 28, Seite 312 mitgetheilt.

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 29

man statt des trocknen Sandes eine feuchte Ackererde wählt, die Reibung sehr unbedeutend wird, woher die hiermit angestellten Beobachtungen gegen die frühere Rechnung keine starken Abweichungen zeigen.

Nachdem man den Werth für ν in die vorstehende Gleichung eingeführt hat; so wäre es eigentlich noch erforderlich, durch Differenziation in Beziehung auf λ diejenige Neigung der Bruchfläche zu ermitteln, welche dem grössten Horizontaldrucke entspricht. Man kommt dabei indessen auf eine Gleichung des vierten Grades, und es ist bequemer, ein indirectes Verfahren zu wählen, nämlich verschiedene Werthe von λ einzuführen und durch Probiren das grösste H zu bestimmen. Eine grosse Genauigkeit in der Rechnung ist hierbei nicht erforderlich: man gelangt daher jedesmal mit wenig Mühe zu dem gesuchten Resultate, und es ergiebt sich, dass λ um einige Grade kleiner ist, als dasjenige φ , welches die obige Tabelle für jedes ψ nachweist.

Berechnet man auf solche Art die vier ersten Beobachtungen, bei welchen trockner Sand angewendet wurde, so findet man

$$\text{für I und III: } A = 357,7$$

$$\text{und für II und IV: } A = 101,9$$

Diese Werthe schliessen sich mit Rücksicht auf die Abweichungen der beobachteten Resultate unter sich, ganz befriedigend an diese an. Dasselbe findet auch mit den Beobachtungen statt, die sich auf Rappsaat und Roggen beziehen, wenn man dabei $\nu = \frac{1}{2}$ setzt, was wahrscheinlich nahe richtig sein dürfte, worüber ich jedoch keine Messungen angestellt habe. Die Nummern V bis VIII zeigen schon nach der ersten Berechnung eine gute Uebereinstimmung, und sonach schliesst sich die Formel

$$H = \frac{1}{2} a^3 \gamma A$$

an die sämtlichen Beobachtungen Woltman's an; es macht dabei nur die neunte Beobachtung eine Ausnahme, welche Woltman selbst schon ausgeschlossen und gar nicht berechnet hat. Die andere Zerlegung der Kräfte, die man ganz allgemein zu wählen pflegt, zeigt dagegen jedesmal sehr grosse Abweichungen und stellt den Druck immer zu gross dar, und zwar durchschnittlich nahe um 100 Prozent.

Uebereinstimmend mit den folgenden Rechnungen will ich endlich noch diese Beobachtungen in der Art benutzen, dass ich aus dem gemessenen Seitendrucke den Reibungswinkel herleite: doch nehme ich hierbei auf die Reibung gegen die Seitenwände gar nicht Rücksicht, indem dieselbe grösstentheils unbekannt ist, und selbst für den Sand musste ich voraussetzen, dass er mit dem von mir benutzten übereinstimmte. Es ergiebt sich durchschnittlich

für trocknen Flugsand ψ gleich $53^{\circ} 20'$

- feuchte Ackererde $44^{\circ} 41'$

- Kiesel $41^{\circ} 56'$

- Rappssaat $59^{\circ} 53'$

- Roggen $54^{\circ} 52'$

Demnächst sind die Beobachtungen zu erwähnen, welche in dem Jahre 1827 durch das Ingenieur-Corps in Wien angestellt wurden^{*)}: der Apparat bestand in einem Kasten, dessen eine schmale Seite beweglich war, und in ihrem untern Rande die Drehungsachse hatte. Die Breite des Kastens war im Vergleich zur Höhe sehr geringe, sie betrug nämlich nur 3 Fuss, während die Höhe 6 Fuss maass: die Länge des Kastens war gleich 9 Fuss. Die bewegliche Wand wurde in dem dritten Theile ihrer Höhe, also an der Stelle, wo der Erddruck vereinigt gedacht werden muss, gegen einen Schlitten abgestreift, der auf einer hölzernen Bahn hin und her bewegt werden konnte, und dieser bildete durch die Reibung, die er erfuhr, das Gegengewicht, das die Wand unterstützte. Indem die Reibung aber von der Belastung des Schlittens abhing, und man jede Erschütterung vermeiden wollte, die bei dem Abheben und Verwechseln der Gewichtsstücke leicht eingetreten wäre, so war die Anordnung getroffen, dass das Gewicht zum Theil aus einem Kasten von $3\frac{1}{2}$ Cubikfuss Inhalt bestand, der mit Schrot gefüllt wurde. Durch eine Röhre aus dem Boden desselben erfolgte ein langsamer Abfluss des Schrotes, wodurch die sanfte Verminderung der Last und sonach auch die der Reibung eingeführt wurde, bis die Wand den Schlitten zurückliess. In ähnlicher Art hatte Mayniel schon früher bei einer genau übereinstimmenden Einrichtung des ganzen Apparates zu gleichem

^{*)} Versuche über den Seitendruck der Erde u. s. w. von C. M. de Kozegh. Wien 1828.

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 31

Zurück statt des Schrotes das Wasser benutzt. Bei den in Rede stehenden Beobachtungen wurde nun, sobald die Bewegung eintrat, durch einen Schieber die Röhre geschlossen, und man verband den Schlitten, nachdem er zuvor von der Wand getrennt war, mit einer Wagschale, die nach und nach beschwert wurde, bis sie endlich den Schlitten aufs Neue fortschob. Auf solche Art durfte man nicht den Druck der Erde aus dem sehr veränderlichen Reibungs-Coefficienten herleiten, sondern man maass diese Reibung jedesmal auf directem Wege. Nichts desto weniger ist es immer sehr zweifelhaft, ob die Reibung in dem einen und dem andern Falle sich gleich blieb, denn besonders bei hölzernen Bahnen pflegt die Reibung auf unbedeutende Entfernungen oft sehr stark sich zu verändern, ohne dass man die Ursache davon bemerken kann.

Die angestellten Beobachtungen beziehen sich zuerst auf lockere Dammerde, und zwar war dieselbe

- 1) in einem natürlich feuchten Zustande,
- 2) trocken wie Staub und
- 3) mit Wasser gesättigt; es waren nämlich in 1 Cubikfuss Erde 23,7 Pfd. Wasser enthalten.

Alsdann wurde dieselbe Dammerde nicht mehr locker angewendet, sondern in dünnen Lagen festgestampft; hierbei zeigte sie jedoch weder in trockenem, noch in feuchtem Zustande einen Druck, und dieses selbst alsdann nicht, wenn man sie 18 Fuss hoch gegen eine Mauer lehnte; man konnte nämlich, nachdem die Unterfüllung gemacht war, die Mauer abtragen, ohne dass die Erde gleich nachgefallen wäre.

Ferner wurde der Sand untersucht und zwar

- 4) in einem natürlich feuchten Zustande,
- 5) mit Wasser gesättigt, wobei der Cubikfuss 16 Pfd. Wasser aufgenommen hatte und
- 6) vollkommen trocken.

Die nächsten Beobachtungen beziehen sich auf geschlemmten Lehm, der wieder

- 7) vollkommen trocken,
- 8) etwas angefeuchtet und
- 9) mit Wasser gesättigt war, wobei der Cubikfuss 27 Pfund Wasser verschluckt hatte.

Endlich wurde auch

- 10) grober Kies (Schotter) von der Grösse einer Haselnuss bis zu einem Taubenei angewendet.

Ausserdem kommen noch einige Beobachtungen vor, die sich auf den Fall beziehen, dass die Hinterfüllungserde nicht horizontal abgeglichen ist, sondern sich mit einiger Böschung gegen die Wand lehnt; auch sind zuweilen besondere Gewichte auf den Erdkörper gestellt, um den Einfluss partieller Belastungen zu ermitteln. Ich übergehe diese sämmtlich, indem ich mich nur auf die einfachste Form der Erscheinung beschränke. Endlich enthält die Beobachtungsreihe einen im Grossen ausgeführten Versuch über den Umsturz einer Futtermauer, der jedoch wenig beweist, indem die Bewegung ganz allmählig eintrat und man während der Bewegung der Mauer die Hinterfüllung erhöhte, bis sie endlich umstürzte.

Die vorstehend benannten zehn Beobachtungsreihen sind in der folgenden Zusammenstellung mit der Formel

$$H = \frac{1}{2} h^2 b \gamma \cdot A$$

verglichen, und zwar habe ich die Werthe für γ und den Reibungswinkel ψ aus den Angaben von Köszezh unverändert eingeführt. So oft aber verschiedene Angaben gemacht sind, die denselben Fall betreffen, habe ich das arithmetische Mittel daraus genommen.

Schwieriger war es, den beobachteten Druck auf die Wand zu bestimmen, indem hierbei eine Correction wegen der Reibung der Rolle vorkommt, die in einigen Fällen bei der Angabe des Gewichtes, wodurch der Schlitten fortgerückt wurde, schon vom Verfasser eingeführt wird, grossentheils aber unerwähnt bleibt. Aus den Berechnungen, welche auf die Beschreibung der Versuche folgen, ergibt es sich, dass die Correction wirklich früher noch nicht vorgenommen ist, und ich habe daher jedesmal, wo es beim Versuche nicht ausdrücklich erwähnt wird, die Reibung noch in Betracht gezogen, indem ich den zehnten Theil des auf der Wagschale ruhenden Gewichtes davon in Abzug brachte. Auf Seite 173 des angeführten Werkes wird freilich ein etwas abweichender Werth für die Reibung angegeben, da jedoch derselbe nicht klar, auch der Coefficient $\frac{1}{2}$ ganz willkürlich gewählt und jedenfalls sehr

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 33

unsicher ist, so wird sich diese Vereinfachung rechtfertigen. Aus den auf solche Art corrigirten Werthen des Druckes ist jedesmal wieder das Mittel genommen, welches die nachfolgende Tabelle in der letzten Columnne enthält.

Nummer der		γ	ψ	Grosse des Druckes nach der	
Beobachtungsreihe.	Beobachtungen.	Pfunde.	Grade.	Rechnung.	Beobachtung.
No. 1	No. 2	77	47½	494	286
No. 2	No. 3 bis 9 und No. 11 bis 16	80	51	778	656
No. 3	No. 24	104	55½	988	1693
No. 4	No. 27, 35 u. 36	94	50	692	1013
No. 5	No. 37	110	48½	742	940
No. 6	No. 38 bis 41	99	53	833	1287
No. 7	No. 29 u. 30	85	50½	633	691
No. 8	No. 31 bis 33	78	50½	576	680
No. 9	No. 34	112	51½	877	568
No. 10	No. 45 bis 48	95	49½	679	979

Die Rechnung führt also zu Resultaten, welche von den beobachteten sehr merklich abweichen, und zwar fallen sie gewöhnlich zu klein aus, während man wegen der nicht in Betracht gezogenen Reibung der Erde gegen die Seitenwände des Kastens gerade das Gegentheil vermuthen sollte. Die von Kőszegh angestellten Rechnungen stimmen dagegen wunderbar genau mit den Beobachtungen überein, doch sind sehr viele Beobachtungen hierbei ausgelassen, ohne dass man erfährt, weshalb dieses geschehen ist. Es fehlen nämlich

in der Reihe Nr. 1 die Beobachtung Nr. 2

-	-	-	-	2	-	-	-	3, 13 u. 16
-	-	-	-	8	-	-	-	24
-	-	-	-	4	-	-	-	27, 35 u. 36
-	-	-	-	5	-	-	-	37
-	-	-	-	7	-	-	-	29 u. 30
-	-	-	-	8	-	-	-	31 bis 33
-	-	-	-	10	-	-	-	45 bis 48.

Der Verfasser hat also von den 10 Beobachtungsreihen nur zwei vollständig berechnet, dagegen sieben ganz unbeachtet gelassen und in einer drei einzelne Beobachtungen ausgeschlossen. Diese Rechnung ist übrigens nach der Pronyschen Formel, jedoch mit der von François *) eingeführten Abänderung gemacht worden, dass man den Werth der Cohäsion nicht aus der senkrechten Höhe bestimmt, in welcher die Erde sich noch ohne Unterstützung trägt, sondern vielmehr aus der Höhe einer sehr steilen Dossirung. Wenn man nämlich die zu untersuchende Erde noch steiler, als unter dem Reibungswinkel abstechen lässt, so ist die Abwesenheit des Seitendruckes in diesem Falle nur durch die Cohäsion zu erklären, und der Werth der letztern ergibt sich in ähnlicher Art, wie früher, wenn man beobachtet, welches die steilste Neigung ist, in der sich ein Erdkörper von einer bestimmten Höhe noch ohne Unterstützung erhält. In den erwähnten Beobachtungen wurde nun die horizontale Projection der Breite von dem bei jedem Versuche abbrechenden und herabfallenden Erdprisma gemessen, welche durch die constante Höhe des Kastens dividirt, die Tangente des gesuchten Neigungswinkels darstellt. Dabei trat aber der Uebelstand ein, dass diese Breite sich oft sehr schnell vergrösserte, und es zweifelhaft sein musste, welchen Werth man für sie wählen sollte. Bei Untersuchung der Rechnungen in dem angeführten Werke bleibt man auch zweifelhaft, nach welchen Regeln hierbei verfahren sein mag, denn nicht immer ist das schmalste und zuerst abfallende Prisma gewählt worden. Der Reibungswinkel oder μ ist endlich dadurch bestimmt, dass man in einen Kasten von 3 Fass Höhe, dem die eine Seite fehlte, die zu untersuchende Erde hineinwarf und alsdann zusah, welchen Winkel die Böschung gegen das Loth bildete. Diese Messung ist, wie bereits erwähnt, sehr schwierig, und man darf keineswegs durch sehr behutsames Aufschütten sie möglichst steil zu machen suchen. Endlich muss ich noch darauf aufmerksam machen, wie die grosse Uebereinstimmung zwischen der Rechnung und Beobachtung hier keinen Beweis für die Richtigkeit der erstern liefert: betrachtet man z. B. die vier Beobachtungen No. 8, 9, 11 und 12, die Seite 176 des genannten

*) Die Uebersetzung dieses Aufsatzes aus dem *Mémorial de l'officier du Génie* wird in dem Werke von Koszegh vollständig mitgetheilt.

Werkes zusammengestellt sind, so ergibt sich aus der Abweichung der einzelnen Resultate von dem mittleren Werthe der wahrscheinliche Beobachtungsfehler gleich 68½ Pfunde, und der wahrscheinliche Fehler des arithmetischen Mittels aus den vier Werthen beträgt daher 34½ Pfunde. Wenn nun aber das berechnete Moment bis auf 12, oder der berechnete Druck bis auf 6 Pfunde hiermit übereinstimmt, so zeigt sich darin freilich ein seltenes Zusammentreffen; man darf daraus aber nicht schliessen, dass die zum Grunde gelegte Theorie sich dadurch in solchem Maaße wirklich bestätigt: denn das Resultat der Beobachtung ist wahrscheinlich mit einem viel grössern Fehler behaftet. Dieses Zusammentreffen ist, wenn es zufällig war, eben so auffallend, als wenn Jemand, nur durch den Zufall geleitet, uns unter eilf Charten grade diejenige zeigt, die wir meinen, und wenn solche Glücksfälle sich fortwährend wiederholen, was bei den in Rede stehenden Berechnungen wirklich geschieht, so muss man aus der Erscheinung auf ihre Ursache schliessen, und man sucht letztere nicht mehr im Zufalle, sondern in einer absichtlichen Einwirkung.

Die Beobachtungen über den Druck der Erde, über den Reibungswinkel und alle sonstigen Umstände, die hierbei in Betracht kommen, sind an sich sehr unsicher und lassen sich leicht beliebig modificiren; man findet also unter den verschiedenen Resultaten, zu welchen man gelangt, gewiss jedesmal auch solche, die eine beliebige Theorie zu bestätigen scheinen. Die Uebereinstimmung mit dieser Theorie verliert daher ihre ganze Beweiskraft, sobald der Verdacht angeregt ist, dass man eben in solcher Absicht eine besondere Auswahl unter den Beobachtungen getroffen und besondere Gruppierungen darin gemacht hat.

Endlich will ich es noch versuchen, aus diesen Beobachtungen rückwärts auf die Reibung der verschiedenen, hier benutzten Erdarten zu schliessen. Der Einfluss der Cohäsion wird sich freilich dabei noch noch zu erkennen geben, jedenfalls wird er aber durch Zufälligkeiten in höherem Maaße bedingt, als die Reibung, und wenn man in jeder Reihe von Beobachtungen diejenige aussucht, wo der Druck der Erde am grössten gefunden wurde, so kann man überzeugt sein, dass man auch diejenige gewählt hat, wobei die Cohäsion am unbedeutendsten einwirkte. Ich habe die Beobachtungen demnach in der Art untersucht, als ob gar keine

Cohäsion statt finde, und durch Einführung der Werthe des beobachteten stärksten Erddruckes und des Gewichtes der Erde, die Grösse des Factors A bestimmt, woraus sich nach der obigen Tabelle der Reibungswinkel μ oder die Neigung der steilsten Böschung gegen das Loth finden lässt. Die folgende Zusammenstellung enthält diese Resultate, und es ist dabei jedesmal die Nummer derjenigen Beobachtung bemerkt, welche den grössten Druck ergeben hatte und welche daher benutzt werden musste.

trockne Dammerde	No. 12	. . .	$\mu = 62^{\circ}$
feuchte	- 2	. . .	- = 41°
sehr nasse	- 24	. . .	- = 73°
trockner Sand	- 38	. . .	- = 69°
feuchter	- 28	. . .	- = 65°
sehr nasser	- 37	. . .	- = 38°
trockner Lehm	- 29	. . .	- = 59°
feuchter	- 32	. . .	- = 59°
sehr nasser	- 34	. . .	- = 47°
Kies.	- 47	. . .	- = 63°

Ferner sind die Beobachtungen zu erwähnen, welche Mayniel in den Jahren 1806 und 1807 angestellt hat.^{*)} Der dabei benutzte Apparat stimmt sehr genau mit demjenigen überein, der später in Wien benutzt wurde und der bereits beschrieben ist: beide unterschieden sich nur insofern von einander, als hier der Kasten $1\frac{1}{2}$ Meter hoch, eben so breit und 3 Meter lang war. Die bewegliche Wand befand sich wieder an der schmalen Seite, und der beobachtete Druck erfolgte auf einer Fläche von 24 Quadrat-Meter oder $22\frac{1}{2}$ Preuss. Fuss. Die Verminderung der Belastung des Schlittens geschah dabei, wie bereits bemerkt worden, indem man aus einem darauf stehenden Reservoir Wasser ausliessen liess. Gewöhnlich war eine solche Einrichtung getroffen, dass die Erdschüttung noch über den Kasten pyramidenförmig erhoben war, und nur in neun Beobachtungen hatte man die Erde in der Höhe der Wände abgeglichen. Ich werde diese letztere hier allein berücksichtigen: die Beobachtung No. 1 ist mit feuchtem Sande

^{*)} *Traité expérimental, analytique et pratique de la poussée des terres*, par Mayniel. Paris 1808.

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 37

angestellt, No. 2, 6, 9, 11 und 19 mit einer gut durchgearbeiteten und gesiehten vegetabilischen Erde, die gleichfalls etwas feucht war und lose eingeworfen wurde, endlich No. 13, 16 und 18 mit derselben Erde, wenn sie in dem Kasten lagenweise festgestampft war.

Eine unmittelbare Vergleichung der beobachteten Resultate mit der obigen Formel war nicht möglich, indem Mayniel den Reibungswinkel gar nicht gemessen hat, der nach seiner Ansicht die Reibung auch nicht allgemein bezeichnen soll. Ich begnüge mich daher auch hier in derselben Art, wie bei den Wiener Beobachtungen so eben geschehen ist, aus dem grössten gemessenen Drucke von jeder Erdart, und ihrem specifischen Gewichte den Werth von A und sonach den Reibungswinkel unter der Voraussetzung zu berechnen, dass keine Cohäsion stattfindet.

Es ergibt sich

- für den feuchten gelben Sand (Beob. No. 1) . . . $\psi = 63^\circ$
- feuchte vegetabilische Erde, locker eingeworfen
(No. 11) $\psi = 62\frac{1}{2}^\circ$
- dieselbe Erde gestampft (No. 16) $\psi = 24^\circ$
- desgl., nachdem sie 18 Stunden vorher gestampft
war (No. 18) $\psi = 16^\circ$

Die von Mayniel aufgestellte Theorie über den Erddruck übergehe ich, da dieselbe ganz unpassend erscheint und bereits in deutschen und französischen Werken widerlegt ist.

Die bisher angestellten Beobachtungen über den Seitendruck der Erde, welche ich im Vorstehenden, soweit sie mir bekannt geworden sind, möglichst vollständig mitgetheilt habe, bestätigen in allen Fällen, wo eine Vergleichung möglich war, weit mehr die von mir vorgeschlagene Berechnungsart, als die sonst übliche, und sie weichen von derselben in der That so wenig ab, dass die Uebereinstimmung der Schärfe der Beobachtung entspricht.

Für die Reibungswinkel dürften nach diesen Beobachtungen die folgenden Werthe zu wählen sein:

- bei Dammerde oder Lehm im trocknen Zustande ist $\psi = 60^\circ$
- desgl. feucht $= 45^\circ$
- desgl. ganz mit Wasser durchzogen . . . $= 73^\circ$
- desgl. festgestampft $= 24^\circ - 16^\circ$

bei feinem und trockenem Staubsande	$\psi = 63^\circ$
- reinem Sande, Graud und feinem Kiese	$= 64^\circ$
- desgl. in feuchtem Zustande	$= 58^\circ$
- unregelmässigen Kieselsteinen	$= 45^\circ$
- abgerundetem Kiesel, wie bei Schrot	$= 67^\circ$
- Getreide und andern Saamen nach der Glätte der Körner	$= 60^\circ - 55^\circ$

Wenn die Erdmasse, welche den Druck ausübt, zwischen zwei Wänden liegt, deren Abstand so geringe ist, dass das Prisma des stärksten Druckes sich in seiner ganzen Ausdehnung nicht darstellen kann; so sollte man vermuthen, dass der Seitendruck gegen jede Wand geringer, als früher ausfallen müsste. Die Versuche, welche ich hierüber angestellt habe, gaben indessen keine entsprechende Verminderung des Druckes zu erkennen, und selbst in dem Falle geschah dieses nicht, wenn die Wände sehr nahe neben einander standen. Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung ist darin zu suchen, dass z. B. in Fig. 5 keineswegs nur das vierseitige Prisma $A B C D$ um eine Quantität, welche der Bewegung der Wand $A B$ entspricht, herabsinkt, sondern es treten gleichzeitig noch andere Bewegungen ein, die sehr genau der Bewegung des vollständig ausgebildeten dreiseitigen Prismas gleichkommen. Beim Herabgleiten von $A B C D$ bildet sich nämlich längs der hintern Wand zwischen D und C ein freier Raum, der sogleich Veranlassung giebt, dass wieder das dreiseitige Prisma $F D C$ rückwärts gleitet. Letzteres macht also eine doppelte Bewegung, indem es einmal mit der darunter befindlichen Masse links abwärts gegen die Wand $A B$ und demnächst wieder rechts abwärts gegen die Wand $C D$ vorrückt. Beide Seitenbewegungen heben einander auf, aber senkrecht abwärts fällt es doppelt so tief, als das Prisma $A B C F$, daher drückt es auch vor dem Eintritte der Bewegung auf die Wand doppelt so stark, als wenn es ein Theil des Prismas $A B C$ in Fig. 1 wäre.

Rücken die Wände $A B$ und $D E$ noch näher zusammen, so kann es geschehen, dass einzelne Theile der dazwischen liegenden Erdmasse auch den dreifachen, vierfachen oder einen noch stärkeren Druck ausüben. Der Gesamtdruck vermindert sich hiernach nicht wesentlich, wenn auch die ganze Erdmasse viel kleiner wird. Bei eintretender Bewegung der Wand sinken die einzelnen Prismen

49. Bestimmung des Seitendrucks der Erde. 39

er um so tiefer herab, und hierbei, sowie in allen ähnlichen Fällen, ist der Druck allein von der Senkung der Schwerpunkte abhängig.

Nichts desto weniger ergeben die Messungen bei einer solchen Zusammenstellung des Apparates doch eine geringe Verminderung des Druckes gegen die Wand zu erkennen*), und selbige erklärt sich dadurch, dass jedes folgende Prisma längs einer senkrechten Wand herabsinkt und daher an derselben eine gewisse Reibung tritt, die einigermaßen die Bewegung hemmt und sonach den Druck vermindert. Wenn ich in der Rechnung hierauf Rücksicht nahm, so stellten die Resultate der Messung sich ganz befriedigend dar.

Ich habe dieses Falles hier erwähnt, damit man nicht etwa annehmen möge, der Druck der Hinterfüllungserde vermindere sich wesentlich, wenn dieselbe zwischen zwei nahe neben einander stehenden Futtermauern, wie etwa zwischen den Flügelmauern einer Brücke eingeschlossen ist.

Schliesslich füge ich zur Erleichterung der Rechnung nach der vorgeschlagenen Methode noch eine Tabelle bei, aus welcher man für jeden gegebenen Reibungswinkel des Hinterfüllungsmaterials, der mit ψ bezeichnet ist und gegen die Richtung des Lothes gemessen wird, unmittelbar die Neigung der Bruchebene gegen das Loth oder φ und zugleich die Grösse A entnehmen kann. Dabei sind die oben hergeleiteten Ausdrücke

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \sqrt[3]{(\operatorname{Sec} \psi + \operatorname{tg} \psi)} - \sqrt[3]{(\operatorname{Sec} \psi - \operatorname{tg} \psi)} \\ \text{und } A &= \frac{\sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin (\psi - \varphi)}{\sin \psi} \end{aligned}$$

im Grande gelegt, und man findet den gesuchten Seitendruck der H nach der Formel

$$H = \frac{1}{2} h^2 b \gamma \cdot A$$

*) Die nähere Beschreibung dieser Versuche habe ich in Poggendorfs Annalen Band 28 mitgetheilt.

ψ	φ	A	ψ	φ	A
40°	27° 12,4	0,08097	65°	46° 18,8	0,26743
41	27 55,1	08559	66	47 10,0	27952
42	28 38,0	09039	67	48 1,9	29192
43	29 21,1	09537	68	48 54,6	30486
44	30 4,4	10034	69	49 48,1	31838
45°	30° 47,9	0,10589	70°	50° 42,5	0,33233
46	31 31,6	11145	71	51 38,0	34735
47	32 15,5	11721	72	52 34,7	36289
48	32 59,6	12319	73	53 32,6	37921
49	33 43,9	12938	74	54 31,8	39635
50°	34° 28,5	0,13580	75°	55° 32,4	0,41440
51	35 13,4	14247	76	56 34,7	43344
52	35 58,6	14938	77	57 38,8	45355
53	36 44,1	15655	78	58 44,8	47488
54	37 29,9	16398	79	59 52,9	49748
55°	38° 16,0	0,17171	80°	61° 3,7	0,52161
56	39 2,4	17972	81	62 17,8	54740
57	39 49,1	18804	82	63 35,8	57516
58	40 36,2	19669	83	64 58,8	60510
59	41 23,7	20567	84	66 28,0	63771
60°	42° 11,6	0,21500	85°	68° 5,2	0,67352
61	42 59,9	22472	86	69 53,9	71339
62	43 48,7	23480	87	71 57,5	75862
63	44 38,2	24529	88	74 28,1	81165
64	45 28,2	25622	89	77 51,7	87624
			90°	90° 0,0	1,00000

§. 50.

Festigkeit der Mauern.

Wenn eine Mauer in allen Theilen dieselbe Festigkeit besäße, so dass nicht nur die Bausteine, sondern auch der Mörtel, der sich mit diesen innig verbunden hat, einen ganz gleichen Widerstand jedem Bruche und jeder Trennung entgegensetzen, so würde eine solche Masse unter einem starken Drucke in ähnlicher Weise wie eine Erdschüttung brechen; der Unterschied zwischen beiden Fällen würde vorzugsweise auf der stärkern Cohäsion der Mauer

vereben. Es müsste sonach auch in der Mauer die Bruchfläche sich wieder in derjenigen Höhe und unter derjenigen Neigung gegen den Horizont bilden, wobei mit Rücksicht auf Reibung und Cohäsion der schräge abwärts gerichtete Druck des abgebrochenen Prisma's ein Maximum wird. Die Erfahrung bestätigt dies auch soweit, als die Sicherheit der Beobachtungen hierüber zu Urtheil gestattet, und zwar ebensowohl bei den Versuchen, die im Kleinen über das Zerdrücken der Steine angestellt sind, als auch bei dem Erscheinen von Rissen in grösseren Mauerwerken. In beiden Fällen bilden sich die schräge gegen den Druck gerichteten Bruchflächen, und übereinstimmend mit dem Verhalten der Erde und des Sandes schiebt sich das abgebrochene Prismenstück über die schräge Oberfläche des noch stehenden Theiles fort.

Das Mauerwerk besteht indessen, einige sehr seltene Fälle abgenommen, nicht aus einem einzelnen Steine, sondern es ist immer aus einer grossen Menge von Bausteinen zusammengesetzt, die neben und übereinander gelegt und durch Mörtel verbunden sind. Die Festigkeit des Mörtels ist aber gewöhnlich viel geringer, als die der Steine, und noch weniger ist derselbe mit diesen innig verbunden. So geschieht es, dass bei zunehmendem Drucke die Bruchfläche, welche sich endlich bildet, nicht überall neu entstehen darf, sondern schon eine Menge von Fugen trifft, die in ihrer Richtung liegen, und welche sonach ihre Darstellung sehr erleichtern. Eine Fuge, die normal gegen den Druck gerichtet ist, kommt aber der Bildung der Bruchfläche nur sofern zu Hülfe, als die Kanten der Steine wegen der unendlichen Ungleichmässigkeit in der Unterstützung leichter abbrechen, daher sind diese Fugen am wenigsten schädlich. In dem höhern Grade sind es diejenigen, welche parallel zur Richtung des Druckes liegen. Den letzteren folgt wenigstens theilweise die Bruchfläche jedesmal, und wenn in der erwähnten Richtung Fuge auf Fuge trifft, so spaltet die Mauer. Solche Spalten sind für die Festigkeit der Mauer sehr nachtheilig, und zwar in dreifacher Beziehung: erstens wird die rückwirkende Festigkeit, wenn man auch nur eine sehr geringe Elasticität annimmt, in hohem Grade dadurch vermindert, dass sie der dritten Potenz von der Breite des Prisma's proportional ist. Spaltet

sonach eine Mauer in ihrer Mitte und zwar nach der Längsrichtung und vertical, so ist die rückwirkende Festigkeit von jeder Hälfte nur dem achten Theile der früheren gleich, oder sie ist im Ganzen auf den vierten Theil reducirt. Zweitens ist die Stabilität dem Quadrate der Breite proportional, dieselbe vermindert sich also im Ganzen auf die Hälfte. Endlich drittens giebt diese Längenspalte Veranlassung, dass die Bruchfläche sich mit Leichtigkeit durch die schwächsten Stellen, die zufällig auf der einen und der andern Seite liegen, hindurch ziehen kann, und sonach zu ihrer vollständigen Bildung nur eine geringe äussere Kraft erfordert. Der letzte Grund dürfte in den meisten Fällen wohl der wichtigste sein, und eine Spaltung der Mauer auch nur für geringe Höhen schon sehr nachtheilig erscheinen lassen. Es war bisher nur von den Fugen die Rede, die normal gegen den Druck, oder parallel zu demselben gerichtet sind, sie können indessen auch schräge angelegt werden, und sind alsdann besonders schädlich und zwar um so mehr, je näher sie mit der Neigung derjenigen Bruchfläche zusammenfallen, welche mit Rücksicht auf die Reibung dem Herabgleiten des abgebrochenen Theiles am günstigsten ist.

Bei dem Mauerwerke wird im Allgemeinen nur die rückwirkende Festigkeit, oder diejenige, welche dem Zerdrücken widersteht, in Anspruch genommen; die respective Festigkeit, welche das Abbrechen verhindert, kommt nur selten in Betracht, wie z. B. bei ungleichmässig belasteten Fundirungen *). In diesen Fällen muss man aber auf die Festigkeit gegen das Zerreißen, oder die absolute Festigkeit zurückgehen, welche an sich wohl selten beim Mauerwerke berücksichtigt werden darf. Das Abbrechen einzelner Mauermassen, wie z. B. des Widerlagers eines Gewölbes, pflegt man gewöhnlich dadurch zu verhindern, dass man jedem Theile, der sich lösen könnte, schon durch seine eigene Masse oder durch besondere Belastung die nöthige Stabilität giebt, um dem Seitendrucke zu widerstehen. Für die einzelnen Bausteine muss man aber in der vollen Mauermasse die respective Festigkeit nie in Anspruch nehmen, und dafür sorgen, dass jeder Stein möglichst gleichmässig unterstützt wird, und er

*) Vergleiche Theil I. S. 788.

bei dem eintretenden Setzen der Mauer auch gleichmässig unterstützt bleibt. Die Gefahr eines Bruches wird in dieser Beziehung um so grösser, je länger und breiter die Steine im Verhältniss zu ihrer Höhe sind.

Aus den vorstehenden Bemerkungen lassen sich unmittelbar die Hauptregeln für die Ausführung des vollen Mauerwerks herleiten. Um die Arbeit in einer gewissen Ordnung vorzunehmen, und um zugleich die Fugen so anzuordnen, dass sie einen Bruch am wenigsten begünstigen; so wird die Mauer schichtenweise ausgeführt. Die Stärke der Schichten entspricht der Dicke der Bausteine, und jede einzelne Schicht wird regelmässig in einer Ebene abgeglichen, welche normal gegen den Druck gerichtet ist. Ist die Mauer keinem Seitendrucke ausgesetzt, was gewöhnlich der Fall ist, so findet nur ein Verticaldruck statt, und die Fugen zwischen den einzelnen Schichten, oder die Lagerfugen, bilden Horizontal-Ebenen. Wenn dagegen ein Horizontaldruck statt findet, so muss man aus diesem und dem fast nie fehlenden Verticaldrucke die Richtung des aus beiden zusammengesetzten Druckes ermitteln und die Lagerfugen so anordnen, dass sie vom letztern senkrecht getroffen werden. Abweichungen vom richtigen Grade kommen hierbei wohl nie in Betracht, in sofern die Bruchfläche immer unter einem viel grösseren Winkel die Normalebene schneidet. Bei Gewölben pflegt man ziemlich allgemein die angegebene Regel zu befolgen, und eine Ausnahme davon findet nur in sofern statt, als man die Richtung des zusammengesetzten Druckes nicht immer gehörig beurtheilt, oder man das Verbauen der Backsteine vermeiden will. Bei andern Mauermassen, die einem starken Horizontaldruck ausgesetzt sind, wie bei Widerlagern der Gewölbe und bei Futtermauern, pflegt man gewöhnlich die Lagerfugen im Widerspruche mit der angeführten Regel noch horizontal anzuordnen: in England geschieht dieses in neuerer Zeit jedoch nicht mehr, wie bereits bei Gelegenheit der Fundirungen erwähnt worden*). Der Grund, weshalb man die horizontalen Schichten in diesen Fällen noch beibehält, ist aber darin zu suchen, dass man dadurch das Verbauen von gleich hohen Mauersteinen vermeidet und die Arbeit des Mauerns

*) Theil I. Seite 510 und Fig. 143 auf Taf. XIII.

überdies beim unmittelbaren Gebrauch der Setzwage etwas bequemer ist, als wenn die Lagerfugen nach einer Seite unter einem gewissen Winkel geneigt sein sollen, der überdies für die verschiedenen Lagerfugen sich nicht gleich bleibt. Dieses Verfahren rechtfertigt sich auch noch, so lange der zusammengesetzte Druck nicht bedeutend von der Richtung des Lothes abweicht: sobald der Unterschied zwischen beiden aber etwa 15 Grade oder mehr beträgt, und es überhaupt die Absicht ist, mit dem geringsten Materialbedarf oder mit den geringsten Kosten die erforderliche Solidität zu erreichen, so begründen die erwähnten Rücksichten nicht mehr eine solche Abweichung von der allgemeinen Regel. Endlich vermeidet man die schräge Richtung der Lagerfugen zuweilen auch aus dem Grunde, weil alsdann das Wasser sich mit grösserer Leichtigkeit hineinziehen und den Mörtel verderben könnte. Diese Rücksicht kommt indessen nur für das Regenwasser in Betracht, keineswegs aber für das Wasser, welches vor der Mauer steht, oder wie in den Schleusenammern abwechselnd davor tritt. In diesen beiden Fällen wird es nämlich durch den hydrostatischen Druck eben so gut in die schräge, wie in die horizontale Fuge hineingedrängt.

In den einzelnen Schichten müssen die Bausteine recht genau schliessend an einander gesetzt werden, damit die tragende Fläche, die durch ihre rückwirkende Festigkeit dem Drucke widerstehen soll, möglichst gross wird; auf den Mörtel ist hierbei aber nicht Rücksicht zu nehmen, da derselbe wenigstens im Anfange eine weit geringere Festigkeit, als die Bausteine zu haben pflegt.

Die Steine müssen ferner nicht nur oben und unten parallele Flächen haben, oder lagerhaft sein, sondern so viel es geschehen kann, muss man auch darauf achten, dass ihre Seitenflächen, womit sie sich berühren, gegen die Lagerfugen senkrecht stehen; im entgegengesetzten Falle wäre es nicht zu vermeiden, dass die Bildung einer Bruchfläche durch vielfache schräge Fugen sehr erleichtert würde. Wenn man rohe Bausteine zum Bau benutzt, so lässt sich die letzte Regel nicht mehr in aller Schärfe beachten, und man ist daher gezwungen, durch grössere Stärke der Mauer, den Mangel zu ersetzen. Bei sorgfältiger Bearbeitung der Bausteine ist indessen diese Verstärkung nicht nöthig, und es kommt darauf an, durch Vergleichung der Kosten für das

Material mit Einschluss des Transportes, gegen das Arbeitslohn, einen gewissen Grad der Schärfe der Bearbeitung der Steine zu erzielen, wobei die Gesamtkosten ein Minimum werden. Es muss hierbei bemerkt werden, dass für Maurerarbeiten das Material gewöhnlich viel theurer als die Arbeit ist, und je unregelmässiger die Steine sind, um so stärker wird der Verbrauch an Material, der wieder theurer ist, als die Steine. Hiernach dürfte es Allen gemein eine grössere Sorgfalt in der Zurichtung der Bausteine wohl zu empfehlen sein, indem dadurch die Kosten in Rücksicht auf gleiche Stärke des Werkes sich merklich vermindern; dabei wäre es aber nöthig, dass die Bearbeitung bereits beim Steinbruche erfolgt, damit nur diejenigen Massen transportirt werden dürfen, welche wirklich verbraucht werden.

Diejenigen Fugen, welche mit dem Drucke parallel gerichtet sind, oder die Stossfugen, das heisst die Fugen zwischen den Steinen in den einzelnen Schichten, dürfen keineswegs willkürlich angeordnet werden, vielmehr müssen sie so liegen, dass sie sich nicht durch zwei oder mehrere auf einander folgende Schichten fortsetzen, wodurch das erwähnte Spalten der Mauer herbeigeführt wird; sie müssen daher, soviel es geschehen kann, immer auf die Mitte der darüber und darunter liegenden Steine fallen. Diese Abwechselung der Stossfugen nennt man den Verband. Zur gehörigen Darstellung desselben müssen die Bausteine nicht sämmtlich in derselben Richtung liegen, sondern ihre Längsrichtung oder ihre grösste Achse muss theils in die Richtung der Mauer, und theils normal dagegen treffen. Im ersten Falle nennt man sie Läufer oder Strecker, im letzten Binder. Haben die sämmtlichen Bausteine, die man in derselben Mauer verwendet, ungefähr gleiche Dimensionen, so lässt sich ein guter Verband am einfachsten dadurch erreichen, dass die einzelnen Schichten abwechselnd nur aus Läufern und nur aus Bindern bestehen. Bei sehr starken Mauern, und namentlich wenn sie aus Backsteinen ausgeführt werden, bringt man eine ständige Abwechselung in den Fugen auch noch dadurch herbe, dass man in einzelnen Mauerschichten die Steine weder als Läufer, noch als Binder, sondern in einer Richtung legt, die man den Längsrichtung unter einem Winkel von 45 Graden schneidet. Solche Schichten dieser Art oder die sogenannten Schräge-

überdies beim unmittelbaren Gebrauch der Setzwage etwas bequemer ist, als wenn die Lagerfugen nach einer Seite unter einem gewissen Winkel geneigt sein sollen, der überdies für die verschiedenen Lagerfugen sich nicht gleich bleibt. Dieses Verfahren rechtfertigt sich auch noch, so lange der zusammengesetzte Druck nicht bedeutend von der Richtung des Lothes abweicht: sobald der Unterschied zwischen beiden aber etwa 15 Grade oder mehr beträgt, und es überhaupt die Absicht ist, mit dem geringsten Materialbedarf oder mit den geringsten Kosten die erforderliche Solidität zu erreichen, so begründen die erwähnten Rücksichten nicht mehr eine solche Abweichung von der allgemeinen Regel. Endlich vermeidet man die schräge Richtung der Lagerfugen zuweilen auch aus dem Grunde, weil alsdann das Wasser sich mit grösserer Leichtigkeit hineinziehen und den Mörtel verderben könnte. Diese Rücksicht kommt indessen nur für das Regenwasser in Betracht, keineswegs aber für das Wasser, welches vor der Mauer steht, oder wie in den Schleusenkammern abwechselnd davor tritt. In diesen beiden Fällen wird es nämlich durch den hydrostatischen Druck eben so gut in die schräge, wie in die horizontale Fuge hineingedrängt.

In den einzelnen Schichten müssen die Bausteine recht genau schliessend an einander gesetzt werden, damit die tragende Fläche, die durch ihre rückwirkende Festigkeit dem Drucke widerstehen soll, möglichst gross wird; auf den Mörtel ist hierbei aber nicht Rücksicht zu nehmen, da derselbe wenigstens im Anfange eine weit geringere Festigkeit, als die Bausteine zu haben pflegt.

Die Steine müssen ferner nicht nur oben und unten parallele Flächen haben, oder lagerhaft sein, sondern so viel es geschehen kann, muss man auch darauf achten, dass ihre Seitenflächen, womit sie sich berühren, gegen die Lagerfugen senkrecht stehen; im entgegengesetzten Falle wäre es nicht zu vermeiden, dass die Bildung einer Bruchfläche durch vielfache schräge Fugen sehr erleichtert würde. Wenn man rohe Bausteine zum Bau benutzt, so lässt sich die letzte Regel nicht mehr in aller Schärfe beachten, und man ist daher gezwungen, durch grössere Stärke der Mauer, den Mangel zu ersetzen. Bei sorgfältiger Bearbeitung der Bausteine ist indessen diese Verstärkung nicht nöthig, und es kommt darauf an, durch Vergleichung der Kosten für das

Material mit Einschluss des Transportes, gegen das Arbeitslohn, denjenigen Grad der Schärfe der Bearbeitung der Steine zu ermitteln, wobei die Gesamtkosten ein Minimum werden. Es muss hierbei bemerkt werden, dass für Maurerarbeiten das Material gewöhnlich viel theurer als die Arbeit ist, und je unregelmässiger die Steine sind, um so stärker wird der Verbrauch an Material, der wieder theurer ist, als die Steine. Hiernach dürfte im Allgemeinen eine grössere Sorgfalt in der Zurichtung der Bruchsteine wohl zu empfehlen sein, indem dadurch die Kosten mit Rücksicht auf gleiche Stärke des Werkes sich merklich vermindern; dabei wäre es aber nöthig, dass die Bearbeitung bereits im Steinbruche erfolgt, damit nur diejenigen Massen transportirt werden dürfen, welche wirklich verbraucht werden.

Diejenigen Fugen, welche mit dem Drucke parallel gerichtet sind, oder die Stossfugen, das heisst die Fugen zwischen den Steinen in den einzelnen Schichten, dürfen keineswegs willkürlich angeordnet werden, vielmehr müssen sie so liegen, dass sie sich nicht durch zwei oder mehrere auf einander folgende Schichten fortsetzen, wodurch das erwähnte Spalten der Mauer befördert wird; sie müssen daher, soviel es geschehen kann, immer auf die Mitte der darüber und darunter liegenden Steine treffen. Diese Abwechselung der Stossfugen nennt man den Verband. Zur gehörigen Darstellung desselben müssen die Bausteine nicht sämmtlich in derselben Richtung liegen, sondern ihre Längenrichtung oder ihre grösste Achse muss theils in die Richtung der Mauer, und theils normal dagegen treffen. Im ersten Falle nennt man sie Läufer oder Strecker, im letzten Binder. Haben die sämmtlichen Bausteine, die man in derselben Schicht verwendet, ungefähr gleiche Dimensionen, so lässt sich ein guter Verband am einfachsten dadurch erreichen, dass die einzelnen Schichten abwechselnd nur aus Läufern und nur aus Bindern bestehen. Bei sehr starken Mauern, und namentlich wenn sie aus Backsteinen ausgeführt werden, bringt man eine ständige Abwechselung in den Fugen auch noch dadurch hervor, dass man in einzelnen Mauerschichten die Steine weder als Läufer, noch als Binder, sondern in einer Richtung legt, die man benannten unter einem Winkel von 45 Graden schneidet. Die Schichten dieser Art oder die sogenannten Schräge-

schichten an die äussern Mauerflächen gehörig anzuschliessen, braucht man besonders geformte Steine, bei denen zwei Seiten unter einem Winkel von 45 Graden gegen einander geneigt sind; dieses sind die Spitz- oder Schmiege-Ziegel.

Damit die einzelnen Bausteine nicht brechen, so müssen sie gleichmässig unterstützt und gleichmässig belastet sein. Der Mörtel muss sonach die ganze Lagerfuge gehörig füllen, und alle Ungleichheiten aufheben, so dass die ganze Oberfläche eines Steines gleichmässig trägt. Beim Versetzen der Werkstücke wird häufig hiernach nicht gehörig Rücksicht genommen, und man führt eine Ungleichmässigkeit in der Unterstützung derselben dadurch ein, dass man eine besondere Vorsicht auf den äussern Theil der Fuge verwendet. Der Erfolg ist alsdann der, dass der Stein in der Mitte und auch wohl im Innern der Mauer hohl liegt, und unter einem starken Drucke bricht, sobald seine respective Festigkeit diesem nicht mehr angemessen ist. Die respective Festigkeit hängt aber von dem Verhältnisse der Dicke des Steines zu seiner Breite oder Länge ab, daher ist eine geringe Ungleichmässigkeit in der Ausfüllung der Fuge weit weniger bei höheren Steinen, als bei dünnen Steinplatten nachtheilig.

Das Brechen eines Steines erfolgt besonders leicht, wenn derselbe zwei aus verschiedenartigem Materiale ausgeführte Mauern, die auch ein verschiedenes Setzen erfahren, mit einander verbinden soll. Hierher gehört besonders der Fall, wenn eine Mauer aus gebrannten Steinen oder aus Bruchsteinen durch Werkstücke auf einer Seite verkleidet wird; die geringe Anzahl und die geringe Höhe der in der Verkleidung vorkommenden Lagerfugen veranlasst ein weit unbedeutenderes Setzen als in der Hintermauerung, und es brechen gewöhnlich die Binder, welche in letztere eingreifen, so dass beide Theile der Mauer sich vollständig von einander trennen. Bei Gelegenheit der Ausführung des Mauerwerks wird die Rede davon sein, wie man diesem Uebelstande zu begegnen versucht hat; hier wäre nur zu bemerken, dass, so weit es möglich ist, die Fugen in der Hintermauerung nicht gar zu verschieden von denen in der Verkleidung ausfallen dürfen. Dabei kommt indessen auch das Schwinden des Mörtels sehr in Betracht, und die Besorgniss wird um so geringer, je stärker der Mörtel hydraulisch ist, und je weniger

daher beim Erhärten eine Verminderung des Volums erfährt. Welche Nachteile durch eine solche Spaltung der Mauer verursacht werden, ist schon angeführt worden; man bemerkt sie aber häufig bei älteren Mauern, die mit Werkstücken von aussen verkleidet sind, und es zeigt sich dabei gewöhnlich ein starkes Ausweichen der Mauer in verticaler Richtung. Dieses rührt davon her, dass die Verkleidung oben an der Hintermauerung befestigt ist, und indem letztere wegen des Schwindens des Mörtels in den Fugen an Höhe verliert, so kann jene, bei der eine ähnliche Verkürzung nicht möglich ist, nur folgen, indem sie sich senkt, und ihre äussere Oberfläche sich in eine gekrümmte Fläche verwandelt.

In der obern Schicht der Mauer lässt eine ungleichförmige Belastung sich gewöhnlich nicht vermeiden, und um hier den Druck der am meisten und vielleicht nur vorübergehend belasteten Mauer zu verhindern, deckt man die Mauer mit besonders festen Steinplatten, oder den sogenannten Deckplatten ab. Wenn man aber in dieser Schicht dasselbe kleine Material, wie im Innern der Mauer verwendet, so pflegt man dieses hier auf die Kante zu stellen, oder eine Rollschicht daraus zu bilden; wenigstens mauert man eine solche längs dem äussern Rande, da hier die Gefahr eines Abbrechens wegen der fehlenden Stützung von einer Seite immer am grössten ist.

Die Werkstücke und grössere Bruchsteine pflegt man in derselben Lage gegen den Horizont zu verwenden, die sie im Ursprünge hatten, und man schreibt ihnen alsdann eine grössere Haltbarkeit zu, als wenn sie anders geneigt werden. Es kommt hiesssen hierbei die horizontale Richtung nicht in Betracht, und die Bedingung ist vielmehr diese, dass die Schichtung des einzelnen Steines eben so wie die der ganzen Mauer normal gegen den Druck gerichtet sein muss. Der Grund dafür stimmt auch mit dem bereits erwähnten genau überein, denn in der Schichtung des Gesteins kommen gleichfalls minder feste Stellen vor, die dem Mörtel entsprechen, und welche bei einer schrägen Schichtung oder wenn sie parallel zum Drucke gestellt werden, leicht die Bildung der Bruchfläche oder der Spaltungsebene befördern, wogegen sie als Lagerfugen keine so nachtheilige Wirkung äussern.

Die Stärke, welche man einer Mauer geben muss, hängt grossentheils von der rückwirkenden Festigkeit des Materials ab, zum Theil aber, und besonders bei Futtermauern, auch von dem Seitendrucke, dem die Mauer ausgesetzt wird, und dem sie vermöge ihrer Stabilität das Gleichgewicht halten muss. Der letztere Umstand soll später untersucht werden, gewöhnlich beugt man demselben aber schon dadurch vor, dass man verschiedene Mauern mit einander verbindet, und auf solche Art nicht nur das Umwerfen einer einzelnen verhindert, sondern gleichzeitig auch das Biegen unter besonders starker Belastung unnützlich macht. Hier darf sonach nur von der rückwirkenden Festigkeit des Mauermaterials die Rede sein, wodurch dem Zerdrücken desselben entgegen gewirkt wird.

Die rückwirkende Festigkeit der verschiedenen Mauermaterialien ist wiederholtlich beobachtet worden, und zwar vorzugsweise durch Rondelet, Rennie und Vient. Die Resultate dieser Beobachtungen sollen hier nur in runden Zahlen mitgetheilt werden. Eine grosse Schärfe ist durch die Messungen dieser Art nicht zu erreichen und sie wäre auch ganz überflüssig, indem das gefundene Resultat immer nur gerade für das bei den Beobachtungen benutzte Stück, aber keineswegs allgemein für die ganze Steingattung gilt, wobei sich jederzeit sehr grosse Verschiedenheiten zeigen. Bei den Beobachtungen über die Festigkeit der Materialien kommt es aber nicht sowohl darauf an, den mittleren Werth derselben anzugeben, als vielmehr denjenigen geringsten Werth, der, so lange man keine schadhaften Stellen im Aeussern bemerkt, noch mit hinreichender Sicherheit vorausgesetzt werden darf. Man muss sonach zu den Versuchen keineswegs besonders gute Stücke aussuchen, auch eine künstliche Form oder Zubereitung der Steine vermeiden, denn eine solche lässt sich vielleicht von den Stücken aus den weicheren und schlechteren Schichten in demselben Bruche, obgleich diese zu Bausteinen noch ganz brauchbar sind, gar nicht geben. Man würde in diesem Falle den Beobachtungen nur die festesten Steine zum Grunde legen und dadurch Resultate erhalten, die keine allgemeine Gültigkeit haben, und die selbst für die Steine des untersuchten Bruches zu günstig ausfallen.

Rondelet stellte die Beobachtungen mit Würfeln von 5 Centimeter (23 Linien) Seite an, Rennie dagegen wählte Würfel, die $1\frac{1}{2}$ Zoll Englisch ($17\frac{1}{2}$ Linie Preussisch) in der Seite maassen, und Vicat benutzte Würfel und andere regelmässige Körper von verschiedenen Dimensionen. Weichere Steine, die dem Drucke zerworfen werden, spalten nach Rondelet's Beobachtung zunächst in sechs Pyramiden, von denen jede einzelne eine Seite des Würfels zur Basis hat und deren Spitzen sämmtlich in den Mittelpunkt des Würfels fallen. Vicat fand dagegen, dass wohl die Steine zuerst abbrechen, dass gemeinhin aber der ganze Körper zerfällt; wenn aber einzelne zusammenhängende Stücke übrig blieben, so hatten diese mindestens den vierten Theil ihrer Festigkeit verloren^{*)}. Es ergab sich aber aus allen Beobachtungen, dass der Bruch nicht momentan eintrat, und vielmehr eine gewisse Zeit zu seiner Bildung erforderlich war. Nach Rondelet's Beobachtungen vergingen oft Monate, bis die Proben unter unveränderten Drucke brachen, und dieses stimmt auch mit den Erfahrungen im Grossen überein; im Pantheon zu Paris zeigten sich die bedenklichen Risse erst in einem Zeitraum von Jahren aus. Dieser Umstand macht die Resultate oder Vertheile in hohem Grade unsicher, denn der Druck, welchem der Stein während einer kurzen Dauer noch widersteht, fängt vielleicht schon an, die innere Verbindung zu lösen und würde, wenn er länger dauerte, schon die Zerquetschung des Steines bewirken. Allgemein ist die Festigkeit bei gleichartigen Steinen dem Querschnitte proportional, doch ist sie nach Vicat um so grösser, je niedriger der Stein ist. Rondelet nimmt dagegen an, dass die Festigkeit sich als ein Maximum herausstellt, wenn die Höhe des Körpers der Seite seiner Basis gleich ist. Endlich bemerkt Rondelet auch noch, und hiermit stimmt Vicat gleichfalls überein, dass die Form des Querschnittes oder der Basis nicht gleichgültig ist, und zwar ist die Festigkeit des Körpers um so grösser, je geringer der Umfang seines Querschnittes ist. Aus diesem

*) *Vicat, recherches expérimentales sur les phénomènes physiques qui précèdent et accompagnent la rupture ou l'affaissement d'une certaine classe de solides. Annales des ponts et chaussées t. II. p. 201.*

Die Stärke, welche man einer Mauer geben muss, hängt grossentheils von der rückwirkenden Festigkeit des Materials ab, zum Theil aber, und besonders bei Futtermauern, auch von dem Seitendrucke, dem die Mauer ausgesetzt wird, und dem sie vermöge ihrer Stabilität das Gleichgewicht halten muss. Der letzte Umstand soll später untersucht werden, gewöhnlich beugt man demselben aber schon dadurch vor, dass man verschiedene Mauern mit einander verbindet, und auf solche Art nicht nur das Umwerfen einer einzelnen verhindert, sondern gleichzeitig auch das Biegen unter besonders starker Belastung unmöglich macht. Hier darf sonach nur von der rückwirkenden Festigkeit des Mauermaterials die Rede sein, wodurch dem Zerdrücken desselben entgegengewirkt wird.

Die rückwirkende Festigkeit der verschiedenen Mauermaterialien ist wiederholentlich beobachtet worden, und zwar vorzugsweise durch Rondelet, Rennie und Vicat. Die Resultate dieser Beobachtungen sollen hier nur in runden Zahlen mitgetheilt werden. Eine grosse Schärfe ist durch die Messungen dieser Art nicht zu erreichen und sie wäre auch ganz überflüssig, indem das gefundene Resultat immer nur gerade für das bei den Beobachtungen benutzte Stück, aber keineswegs allgemein für die ganze Steingattung gilt, wobei sich jederzeit sehr grosse Verschiedenheiten zeigen. Bei den Beobachtungen über die Festigkeit der Materialien kommt es aber nicht sowohl darauf an, den mittleren Werth derselben anzugeben, als vielmehr denjenigen geringsten Werth, der, so lange man keine schadhafte Stellen im Aeussern bemerkt, noch mit hinreichender Sicherheit vorausgesetzt werden darf. Man muss sonach zu den Versuchen keineswegs besonders gute Stücke aussuchen, auch eine künstliche Form oder Zubereitung der Steine vermeiden, denn eine solche lässt sich vielleicht von den Stücken aus den weicheren und schlechteren Schichten in demselben Bruche, obgleich diese zu Bausteinen noch ganz brauchbar sind, gar nicht geben. Man würde in diesem Falle den Beobachtungen nur die festesten Steine zum Grunde legen und dadurch Resultate erhalten, die keine allgemeine Gültigkeit haben, und die selbst für die Steine des untersuchten Bruches zu günstig ausfallen.

Rondelet stellte die Beobachtungen mit Würfeln von 5 Centimeter (23 Linien) Seite an, Rennie dagegen wählte Würfel, die 1½ Zoll Englisch (17½ Linie Preussisch) in der Seite maassen, Vicat benutzte Würfel und andere regelmässige Körper von verschiedenen Dimensionen. Weichere Steine, die dem Drucke zerworfen werden, spalten nach Rondelet's Beobachtung zunächst in sechs Pyramiden, von denen jede einzelne eine Seite des Würfels zur Basis hat und deren Spitzen sämmtlich in den Mittelpunkt des Würfels fallen. Vicat fand dagegen, dass wohl die Steine zuerst abbrechen, dass gemeinhin aber der ganze Körper in Staub zerfiel; wenn aber einzelne zusammenhängende Stücke übrig blieben, so hatten diese mindestens den vierten Theil ihrer Festigkeit verloren *). Es ergab sich aber aus allen Beobachtungen, dass der Bruch nicht momentan eintrat, und vielmehr eine gewisse Zeit zu seiner Bildung erforderlich war. Nach Rondelet's Beobachtungen vergingen oft Monate, bis die Proben unter unveränderten Drucke brachen, und dieses stimmt auch mit den Erfahrungen im Grossen überein; im Pantheon zu Paris zeigten sich die bedenklichen Risse erst in einem Zeitraum von Jahren aus. Dieser Umstand macht die Resultate oder Vertheile in hohem Grade unsicher, denn der Druck, welchem der Stein während einer kurzen Dauer noch widersteht, fängt vielleicht schon an, die innere Verbindung zu lösen und würde, wenn er länger dauerte, schon die Zerquetschung des Steines bewirken. Allgemein ist die Festigkeit bei gleichartigen Steinen dem Querschnitte proportional, doch ist sie nach Vicat um so grösser, je niedriger der Stein ist. Rondelet nimmt dagegen an, dass die Festigkeit sich als ein Maximum herausstellt, wenn die Höhe des Steins der Seite seiner Basis gleich ist. Endlich bemerkt Rondelet auch noch, und hiermit stimmt Vicat gleichfalls überein, dass die Form des Querschnittes oder der Basis nicht gleichgültig ist, und zwar ist die Festigkeit des Körpers um so grösser, je geringer der Umfang seines Querschnittes ist. Aus diesem

*) Vicat, *recherches expérimentales sur les phénomènes physiques qui précèdent et accompagnent la rupture ou l'affaissement d'une certaine classe de solides. Annales des ponts et chaussées* 23. II. p. 201.

Frost aushält, ohne zu zerfallen und ohne abzublättern, giebt noch keinen sichern Beweis für seine Frostbeständigkeit, obwohl gemeinlich die Gefahr des Ausfrierens am grössten ist, so lange die Bergfeuchtigkeit sich noch im Steine befindet. Dieses Ausfrieren, welches sowohl bei natürlichen, wie bei künstlichen Steinen sich zeigt, besteht darin, dass an der Oberfläche die Körnchen ihren Zusammenhang verlieren und in der Form von dünnen Schichten oder Blättchen sich lösen und herabfallen, worauf beim nächsten Froste wieder derjenige Theil leidet, der nunmehr an der Oberfläche liegt. Oft sind es auch einzelne Schichten unter der Oberfläche, welche ihren Zusammenhang verlieren, und der obere Theil des Steines, der dadurch getrennt wird, zeigt zuweilen noch seine frühere Härte. Besonders auffallend ist die Erscheinung, welche Vicat anführt, dass nämlich bei der Brücke zu Souillac diese Risse sich ganz regelmässig durch die Stossfugen hindurch fortsetzen, als ob die neben einander liegenden Werkstücke nur einen einzelnen Stein ausmachten. Die Ursache des Ausfrierens kann man jedenfalls nur darin suchen, dass der Stein entweder überall oder vielleicht auch nur in einzelnen besonders porösen Schichten Wasser einsaugt, und beim Gefrieren desselben sich trennt; es lässt sich hiernach auch erklären, dass einzelne Schichten einen so starken Seitendruck ausüben, dass sie die Mörtelfuge und den dahinter liegenden Stein spalten. Nichts desto weniger ist die Erscheinung in allen ihren Eigenthümlichkeiten noch nicht aufgeklärt, und wenigstens muss man wohl annehmen, dass der am meisten der Zerstörung ausgesetzte Stein eine besondere Verwandtschaft zum Wasser hat, denn die Porosität allein, oder das Wasserquantum, welches der Stein beim Benetzen aufnimmt, giebt noch keinen Maassstab für eine Frostbeständigkeit. So saugt z. B. der Sandstein, woraus der Strassburger Münster erbaut ist, zwanzig Procent Wasser ein, und nichts desto weniger leidet er beim Froste gar nicht; eben so zeigen sich auch manche Schieferarten, die sehr locker sind und grosse Quantitäten Wasser verschlucken, als sehr frostbeständig, und dasselbe gilt auch vom Trass, woraus eine Menge Kirchen im nordwestlichen Deutschlande erbaut sind.

Wenn man sonach ein Material benutzen muss, das man in dieser Beziehung noch nicht durch langjährige Erfahrung kennen

gelernt hat, so setzt man den Bau einer nicht geringen Gefahr aus, und besonders lässt sich diese bei gebrannten Steinen nie ganz vermeiden, indem dieselben immer einige Verschiedenheit zeigen. Sehr wichtig wäre daher eine Probe, welche die mehrjährige Erfahrung entbehrlich machte. Der französische Mineraloge Brard, der die sehr starke Ausdehnung des Glaubersalzes beim Krystallisiren wahrnahm, glaubte hierin ein Mittel entdeckt zu haben, wodurch die Wirkungen des gefrierenden Wassers sich nachahmen liessen, und er benutzte es zur Prüfung der Frostbeständigkeit der Steine. Leider missglückte die erste Anwendung, die Brard selbst in einem sehr wichtigen Falle von seiner Methode machte. Es sollte nämlich die Brücke zu Sonillat gebaut werden, und es kam darauf an zu entscheiden, ob der in der Nähe brechende Stein, der im Uebrigen sehr brauchbar war, frostbeständig sei oder nicht. Brard unterzog sich der Untersuchung und kam zum Resultate, dass der Stein vom Froste nicht leiden würde. Dieses war während zehn Wintern auch wirklich der Fall, als aber im Februar 1830 eine Kälte von 22 Graden eintrat, so frohr der Stein aus *).

Ganz sicher möchte sonach die Probe wohl nicht sein, aber nichts desto weniger scheint sie doch einen Vergleich zwischen verschiedenen Steinen mit einiger Wahrscheinlichkeit zu gestatten. Héricard de Thury giebt folgendes Verfahren an: man soll die zu vergleichenden Steine in Würfel von 5 Centimeter (23 Preuss. Linien) Seite zersägen lassen; beim Zubauen würde die Oberfläche nicht leiden. Man kocht sie eine halbe Stunde lang in einer Auflösung von Glaubersalz, die vor dem Kochen sich in gesättigtem Zustande befand. Sodann hängt man die Würfel über dieser Auflösung auf, und wie die Krystalle sich daran zu bilden anfangen, so taucht man sie während fünf bis sechs Tagen abwechselnd immer von Neuem ein, indem eine Temperatur von 12 bis 15 Graden im Zimmer stattfinden muss. Hierbei lösen sich nun eine Menge Theilchen von den Würfeln, und aus der Vergleichung des Angriffes, den jeder derselben erfahren hat, kann man auf die mindere und grössere Frostbeständigkeit schliessen **).

*) *Annales des ponts et chaussées* 1833. I. p. 376. ff.

**) *Sganzén programme*. Tome I. Paris 1839. pag. 12.

Vicat fand dagegen, dass man schon zu brauchbaren Resultaten gelangt, wenn man 1 Theil Kochsalz in 2 Theilen Wasser auflöst, und die Würfel, ohne sie zu kochen, hierin nur kalt eintaucht. Ich habe dieses Verfahren an einigen Sorten von Mauersteinen versucht, und es zeigte sich in der That, dass diejenigen Steine, deren Frostbeständigkeit schon anderweit bekannt war, eine festere Oberfläche behielten, als die minder dauerhaften, von denen einzelne Brocken bald abhielen. Es lösten sich von den letztern auch hin und wieder dünne Blättchen ab, wie dieses beim Ausfrieren der Steine zu geschehen pflegt; überhaupt hatte die Erscheinung in beiden Fällen eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit, nur wäre zu wünschen, dass man durch Vervollkommen der Methode dahin gelangen möchte, bei der Probe eben so starke und auffallende Veränderungen zu bewirken, wie solche während eines starken Frostes sich zu zeigen pflegen.

§. 51.

Stabilität der Futtermauern.

Der Druck, welchen die Hinterfüllungserde gegen die Futtermauer ausübt, ist in der obigen Auseinandersetzung für diejenige Richtung ermittelt worden, in welcher er senkrecht gegen die innere Oberfläche der Mauer wirkt. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass man bei Betrachtung der ersten, hier eintretenden Bewegung die Reibung zwischen der Erde und der Mauer gar nicht berücksichtigen darf. Der erwähnte Druck ist aber auch ganz unabhängig von dem Umstande, ob die Mauer bei der ersten Bewegung parallel zu ihrer früheren Lage fortgeschoben, oder um die äussere Kante ihrer Basis gedreht wird; im weitem Verfolg dieser Bewegungen können sich freilich sehr verschiedenartige Verhältnisse herausstellen, die den Seitendruck der Erde wesentlich verändern. Hier ist jedoch nur davon die Rede, dass der Anfang der Bewegung verhindert werden soll, und sonach kommen die späteren Modificationen gar nicht in Betracht. Das Fortschieben der Mauer über dem Fundamente oder dem Roste oder vielleicht über dem gewachsenen festen Boden kommt in der Wirklichkeit wohl nie vor; es verbietet sich auch durch die starke Reibung, welche zwischen Stein und Stein, oder zwischen Stein

in fester Erde statt findet. Nur in dem Falle würde man das Eintreten einer solchen Bewegung besorgen müssen, wenn der Mortel in den Lagerfugen noch nicht erhärtet ist, und er sonach leicht wie eine Schmiere wirken könnte. Ausserdem aber kann die Lagerfuge unter gewissen Umständen auch mit der Richtung desjenigen Druckes ungefähr übereinstimmen, der sich aus dem Stendrucke der Erde und dem Gewichte der Mauer zusammensetzt, und alsdann würde die Gefahr sehr nahe liegen, dass die Ruckfläche sich in der Lagerfuge bilden kann. Gewöhnlich ist das Gewicht der Mauer überwiegend, und der zusammengesetzte Druck bleibt daher von der horizontalen Richtung noch weit entfernt, doch ist es jedenfalls sicherer, wenn man, wie bereits erwähnt worden, die Lagerfugen rückwärts und zwar normal gegen den Druck neigt. Besonders muss man sich aber hüten, eine Futtermauer auf ein nach vorn geneigtes Gestein zu stellen, um die Quellen, welche zwischen dem gewachsenen Boden und dem Mauerwerke sich gemeinhin hindurch ziehen, vermindern die Reibung, und sonach vereinigen sich in diesem Falle beide Ursachen, um die Mauer fortzuschieben.

Weit grösser ist die Gefahr, dass die Mauer sich um die äussere Kante ihrer Basis drehen möchte; dieses ist auch der Fall, der in der Wirklichkeit ausschliesslich vorzukommen pflegt, wenn Futtermauern nicht stabil genug ausgeführt sind. Wenn man den Reibungswinkel der Hinterfüllungs Erde kennt, so ist es leicht, die Stabilität der Mauer mit dem Drucke der Erde zu vergleichen. Man darf dabei aber die Drehungsachse nicht unmittelbar in dem äussern Rande der Mauer annehmen, vielmehr liegt sie immer etwas rückwärts; dieses geschieht schon in dem Falle, wenn die Mauer auf einer durchaus festen Fundirung aufsteht, und indem die erwähnte Bewegung eintritt, so ruht das ganze Gewicht der Mauer auf der äussern Kante, und diese wird, je nachdem das Material eine grössere oder mindere Festigkeit hat, mehr oder weniger zerdrückt, und sonach liegt die wirkliche Reibungsachse schon etwas weiter rückwärts. Noch übler ist es, wenn man die Mauer unmittelbar oder mittelst eines liegenden Rostes auf aufgeschwemmten Boden fundirt. Alsdann drückt die Mauer keineswegs gleichmässig die darunter befindliche Erde, sondern der Druck trifft am stärksten die äussere Kante, und

indem hier die Erde ausweicht oder comprimirt wird, so entfernt sich die Arche, um welche die Mauer sich dreht, leicht um einen halben, auch wohl einen ganzen Fuss von dem äussern Rande und in gleichem Maasse vermindert sich natürlich der Abstand, in welchem das Gewicht der Mauer wirkt. Diesen Uebelstand vermeidet man, oder man macht ihn doch weniger nachtheilig, wenn man den Fuss der Mauer auswärts mit einem starken Banquet verzieht, oder den liegenden Rost vortreten lässt. Ausserdem muss man durch sorgfältige Befestigung des Grundes besonders unter dem äussern Rande der Mauer ein Senken möglichst zu verhindern suchen. Endlich gehört hierher aber auch noch die Vorsicht, dass das festeste Material, welches man irgend benutzen kann, in den äussern Lagen der untern Schichten verwendet wird, und ein starkes Schwinden des Mörtels hier gleichfalls nicht stattfinden darf.

Die Bestimmung des Reibungswinkels für die Hinterfüllungs-erde ist in so fern besonders schwierig, als der verschiedene Feuchtigkeitszustand einen wesentlichen Einfluss hierauf ausübt, und man muss, um ganz sicher zu sein, den ungünstigsten Fall voraussetzen, der nach der Localität überhaupt eintreten kann. Dieser ungünstigste Fall ist häufig der, dass die Erde vollständig mit Wasser durchzogen ist, und vielleicht sogar der hydrostatische Druck in Wirksamkeit tritt, d. h. dass der Reibungswinkel gleich 90 Graden wird. Wenn dieses stattfinden kann, so muss die Mauer ganz ungewöhnliche Dimensionen erhalten: es geschieht aber vorzugsweise da, wo die Futtermauer eine Kaimauer bildet, und das Hochwasser des Flusses über sie herüber tritt, und sich in die Hinterfüllungs-erde hineinzieht. So lange das Hochwasser anhält, so existirt für die Mauer keine Gefahr, indem der Druck auf beiden Seiten gleich gross ist, sobald aber das Wasser im Strome fällt, und namentlich wenn es recht schnell fällt, so pflegt die Mauer, die für diesen Druck zu schwach profilirt war, gleich einzustürzen. So fiel die Kaimauer in Nymwegen im Frühjahr 1823 grade in der Zeit ein, als die Whnal sich schnell senkte und in ihr gewöhnliches Bett zurück trat und in ähnlicher Art hat sich dieselbe Bruch-erscheinung auch sonst wiederholt. Man kann in solchem Falle für die schnelle Austrocknung der Hinterfüllungs-erde wohl sorgen, wenn dieselbe aus grobem Kiese besteht,

und das zweckmässigste Mittel möchte es alsdann sein, eine Abzugsröhre durch die Mauer selbst hindurchzuführen; indessen gerade beim Kiesboden findet eine solche Besorgniss am wenigsten statt, indem selbiger auch unter der Mauer, und vielleicht sogar unter dem liegenden oder dem Pfahlroste mit hinreichenden Oeffnungen versehen ist, um das Wasser abzuführen. Bei schlammigen Boden dagegen, auf den sich eben alle Beispiele dieser Art beziehen, ist die Darstellung von freien Oeffnungen in so fern bedenklich, als man wohl besorgen muss, grosse Massen der aufgewichenen Erde dadurch gleichzeitig heraus zu spülen, jedenfalls wäre es also nothwendig, die Rinnen mit Steinen auszufüllen, um eine Art von Sickergräben darzustellen.

Die Abzüge dürfen nicht fehlen, wenn die Quellen von der innern Seite an die Mauer treten, und vor ihr kein Wasser steht. Man erreicht durch solche Oeffnungen gleichzeitig noch den Vortheil, dass sie das schnelle Austrocknen der Mauer sehr befördern. Ein Beispiel hiervon giebt die Einfassung des bereits früher erwähnten *) Durchstiches bei Blisworth auf der London-Birminghamer Eisenbahn. Der Klauboden, der sich unter der jüngeren Kalkformation befindet, ist in der obern Schicht stark mit Wasser durchzogen; um dieses Wasser aber nicht in die tieferen Lagen treten zu lassen, wodurch der Druck gegen die Futtermauern zu sehr vermehrt werden würde, sind seitwärts die Sickergräben in einem Thonschlage und mit Steinfüllung angeordnet, wie dieses auf Taf. XXII. Fig. 10 a und b dargestellt ist **).

Das Wasser übt zuweilen noch in anderer Beziehung einen sehr nachtheiligen Einfluss gegen die Futtermauern aus, der darin besteht, dass es sich mit Leichtigkeit zwischen die Mauer und die Hinterfüllungserde hineinzieht und hier entweder die nächste Thonlage stark durchnässt, und sonach Veranlassung giebt, dass dieselbe quillt oder aber es gefriert hier selbst, und vergrössert alsdann sein Volumen. In beiden Fällen wird die Mauer etwas herüber gedrängt, sobald aber nach einiger Zeit wieder die Verwässerung des Volumens eintritt, so nimmt die senkrechte Futter-

*) Theil I. Seite 435.

**) *Public works of Great Britain I. p. 39* und *Brees, railway practice I. p. 58.*

mauer nicht wieder ihre frühere Lage ein, und es füllt sich der leere Zwischenraum dadurch an, dass die Erde von oben nachsinkt. Es stellen sich sonach die früheren Verhältnisse von selbst wieder her, und bei der nächsten Veranlassung rückt die Mauer von Neuem vor. In solcher Art werden die Futtermauern nicht selten schadhaft. Es ist mir ein Fall vorgekommen, dass eine Mauer, die ursprünglich eine bedeutende äussere Böschung hatte, in jedem Frühjahr um einige Zolle in dem obern Theile herausgedrängt wurde, worauf alsdann die dahinter liegende Strasse sich senkte; nach acht Jahren hing die Mauer schon so weit über, dass ihre theilweise Abtragung und Erneuerung nothwendig geworden war. Wahrscheinlich kamen hier noch andere Umstände hinzu, die den Ruin der Mauer beförderten, jedenfalls darf man aber die erwähnte Wirkung des Wassers nicht unbeachtet lassen, und man muss durch Vergrösserung der Masse der Mauer und namentlich durch eine ansehnliche Verstärkung in ihrem obern Theile ihr die nöthige Festigkeit geben und zugleich verhindern, dass der Frost nicht zu leicht hindurch dringt. Hierdurch begründet sich die Regel, dass Futtermauern niemals bis zu einer sehr geringen Breite oben geschwächt werden dürfen, was mit Rücksicht auf den Erddruck allerdings zulässig erscheint. Ihre geringste Stärke in der Oberfläche muss wohl etwa 2½ Fuss betragen, unter ungünstigen Umständen oder wenn ein Material benutzt wird, das nicht besonders lagerhaft ist, muss sie aber über 3 Fuss messen.

Bei der Berechnung des Erddruckes wird vorausgesetzt, dass in der Bruchebene diejenige Reibung eintritt, welche der Erdart entspricht; zuweilen vermindern indessen die Quellen diese Reibung, und alsdann wird der Druck sehr viel stärker. Dieses ist namentlich der Fall, wenn die Hinterfüllungs Erde auf einen steilen Bergabhang unmittelbar aufgeschüttet wird, und eine augenscheinliche Gefahr würde man einführen, wenn man auf ein geschichtetes Gebirge, dessen Schichten gegen die Mauern abfallen, die Erde aufbringen wollte. Die Bruchebene würde unter solchen Umständen schon bei der Anlage vollständig dargestellt und indem das Wasser, welches über dem Gestein hinfließt, die zunächst darauf liegende Erde erweicht, die sich dadurch förmlich in eine Schmiere verwandelt, so verschwände die Reibung beinahe ganz.

und die keilförmige Masse müsste allein von der Mauer getragen werden. Bei Anlagen dieser Art ist es daher nöthig, den Abhang zuerst treppenförmig einzuschneiden, und dabei muss man sich überzeugen, dass die einzelnen Schichten des Gebirges gehörig gestützt sind, und nicht etwa herabgleiten können.

Man kann die Stabilität einer Futtermauer wesentlich verbessern, sobald man ihre äussere Fläche nicht senkrecht auführt, sondern dieselbe etwas gegen das Loth neigt, oder sie mit einer massigen Böschung versieht. Es ist bereits erwähnt worden, dass man anderweitig und namentlich in England dieses gewöhnlich thut: so zeigt Fig. 144 auf Taf. XIII. das Profil der Kaismauer in der Verbindungsdocke zu Hull, Fig. 154 auf Taf. XIV. die Kaismauer der Humberdocke ebendasselbst und Fig. 155 die Umschliessungsmauer der Georgesdocke zu Liverpool. In diesen Fällen ist die horizontale Projection oder die Basis der drossirten Fläche durchschnittlich dem sechsten bis fünften Theile der Höhe gleich, man wählt aber in neuerer Zeit zu diesen schrägen Flächen nicht Ebenen, sondern vielmehr cylindrische Flächen, welche eben in Verticalebenen übergehen. Auf solche Art liegt der stark drossirte Theil der Mauer so tief, dass er entweder immer unter Wasser bleibt, oder doch bei jeder Fluth vom Wasser bedeckt wird, und es kann sonach die Neigung der Lagerfugen nicht so leicht Veranlassung zur Beschädigung der Mauer geben. Nichts desto weniger wählt man dieselbe Profilirung zuweilen auch da, wo kein Wasserstand vor der Mauer stattfindet, und es muss sodann durch sorgfältige Unterhaltung der Fugen dem Eindringen des Regenwassers vorgebeugt werden. Allgemein geschieht es aber in England, dass die Mauer in ihrem untern Theile nicht viel stärker als oben ist, und sie sonach im Ganzen sich bedenklich zurücklehnt; sie verwandelt sich also in eine schräge Futtermauer, wie man solche immer zu wählen pflegt, sobald man Mauern ohne Mörtel oder trockne Mauern ausführt. Der Widerstand gegen den Erddruck wird bei gleicher Mauermaasse in diesem Falle sehr viel grösser, dagegen liegt die Mauer auf der Hinterfüllungs Erde auf, und sie ist daher nicht ganz sicher gestützt, wodurch leicht die Gefahr eines Bruches herbeigeführt wird. Bei den erwähnten Futtermauern wird dieses Ausliegen auf der Hinterfüllungs Erde dadurch vermieden, dass in geringen

Abständen Strebepfeiler an der hintern Fläche der Mauer angebracht sind, welche senkrecht herauf gehen, und sonach unten eine viel grössere Länge, wie oben haben. Diese tragen an sich die Mauer, und wenn man auch sehr sorgfältig die Hinterfüllung anzustampfen pflegt, so hängt die Stabilität doch keineswegs von dieser Unterstützung allein ab. Was die sonstigen Dimensionen betrifft, die man in England den Futtermauern zu geben pflegt, so beträgt die Stärke derselben, welche häufig von unten nach oben in einigen Banquets um geringe Quantitäten sich vermindert, durchschnittlich nur den fünften bis sechsten Theil der Höhe; die Lagerfugen sind jederzeit normal gegen die äussere Fläche gerichtet. In Abständen von 12 bis 18 Fuss von Mitte zu Mitte sind hinter der Mauer die Strebepfeiler angebracht, deren Stärke durchschnittlich mit der der Mauer selbst übereinkommt, und nicht leicht über 4 Fuss beträgt. Die Länge der Pfeiler endlich ist so gewählt, dass sie oben wieder ungefähr mit der Stärke der Mauer übereinstimmt, und unten um so viel grösser ist, als die Mauer sich zurück lehnt. Auf diese Art wird die Mauermaasse im Ganzen geringer, als bei lothrechten Mauern ohne Strebepfeiler; dabei muss aber eine sehr sorgfältige Arbeit, so wie auch gutes Material vorausgesetzt werden.

Dass man die äussern Flächen der Mauern schräge anlegt, geschieht auch in Deutschland und Frankreich sehr häufig und namentlich ist es bei Festungsbauten ganz allgemein üblich, wo man mehr oder weniger sich noch immer an die von Vauban angegebenen Regeln für Revetementsmauern zu halten pflegt. Nach letztem beträgt die obere Stärke der Mauer mit Rücksicht auf die Güte des Mauerwerks $4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Fuss, also durchschnittlich 5 Fuss. An der innern Seite ist die Mauer lothrecht aufgeführt, an der äussern dagegen stark geneigt, so dass die horizontale Anlage dem fünften Theile der Höhe gleich kommt. In Abständen von 15 oder 18 Fuss von Mitte zu Mitte sind Strebepfeiler an der innern oder lothrechten Mauerfläche angebracht, die gleichfalls lothrecht aufgeführt sind, ihre Länge beträgt 3 Fuss weniger als die untere Stärke der Mauer, die Breite misst dagegen an der Seite, wo sie sich an die Mauer anschliesst, die Hälfte von der um einen Fuss verminderten untern Stärke der Mauer, an der entgegengesetzten Seite oder am Ende der Strebepfeiler beträgt

die Breite den dritten Theil von der um einen Fuss verminderten Mauerstärke der Mauer*). Diese Dimensionen sind augenblicklich sehr gross, und viel grösser, als sie bei Futtermauern im Civilbau vorzukommen pflegen; man darf aber nicht vergessen, dass es sich hierbei nicht allein um den Erddruck, sondern auch um den gehörigen Widerstand gegen die Wirkung des Geschützes handelt.

Man pflegt bei den letzterwähnten Profilen nicht leicht die Fugen in ihrer ganzen Breite schräge durch die Mauern durchzuführen, wohl aber giebt man ihnen gewöhnlich zunächst aussern Mauerfläche eine normal dagegen gerichtete Lage, und bricht sie alsdann in einiger Entfernung, so dass sie in die horizontale übergehen und die Hauptmasse der Mauer mit horizontalen Fugen aufgeführt ist. Auf solche Art entsteht eine Verbindung, die mit der Mauer nicht gehörig verbunden ist, und wenn man gewöhnlichen Mörtel anwendet, so zieht sich das Wasser leicht in die schräge abwärts geneigten Fugen hinein. Solche Verbindungen sind daher sehr häufigen Reparaturen unterworfen, und den Verband noch mehr zu trennen pflegen, als es ursprünglich der Fall war. Hienach rechtfertigt sich die Methode, die man bei schrägen Futtermauern in neuer Zeit oft anwendet; man zieht nämlich durchweg horizontale Fugen. Bei Werkstücken dieses keinen merklichen Uebelstand, indem man dieselben in aussern Fläche schräge behauen kann; bei Ziegelmauern darf man aber eine solche Abschrägung der einzelnen Steine nicht nehmen, ohne die Steine einem schnellen Verderben auszuheben. Dieselben sind nämlich in der drossirten Fläche, wo sie vom Regen getroffen werden, schon weniger dauerhaft, als in der rechten Mauer, wenn man sie aber durch die Bearbeitung des Kopfes noch der festen Brandkruste beraubt und sie ausserdem noch durch die Hammerschläge mürbe macht, wodurch zum Vorschein von vielfachen Rissen Veranlassung gegeben wird, so dass sie durch Frost und Nässe noch um so viel mehr. Es ist also nichts anderes übrig, als eine Lage gegen die andere dichttreten zu lassen, was bei der geringen Höhe der Steine

*) *Bâtidor, la science des Ingénieurs.* Ausgabe von 1813.

kaum nachtheilig sein kann. Wenn die Anlage der Mauer, wie bei dem Vauban'schen Profile ein Fünftheil beträgt, so tritt jede Schicht etwa um einen halben Zoll zurück, bei ein Zehntel aber nur um einen Viertel Zoll, was wohl nicht mehr als Uebelstand betrachtet werden kann. Dass die Steine auch in diesem Falle noch immer mehr von der Witterung leiden, als bei senkrechten Mauern, ist nicht in Abrede zu stellen: nichts desto weniger ist dieses die natürliche Folge der schrägen Mauerfläche, und es lässt sich, so lange man die letztere beibehält, nur durch vorzügliches Material und sorgfältige Unterhaltung vermeiden.

Bei den massiven Uferschälungen in Holland, die aus gebrannten Steinen ausgeführt sind, sieht man häufig sehr starke äussere Dossirungen, und man pflegt alsdann die Verkleidung, welche mit schrägen Fugen gemauert ist, durch Abtreppungen vom dem eigentlichen Mauerkörper vollständig zu trennen, wie Fig. 45 auf Tafel XXVII. zeigt. Die Güte des Materials, sowohl in Bezug auf die Steine als den Mörtel und nicht minder die sorgfältige Unterhaltung trägt gewiss viel zur Dauer dieser Bauwerke bei. Wenn aber in der Verkleidung Beschädigungen vorkommen, so lassen sie sich leicht wieder herstellen, ohne dass man den Verband der innern Mauer berühren darf, auch wird bei dieser Anordnung dem tiefem Eindringen des Wassers vorgebeugt, falls einige schräge Fugen sich stark öffnen sollten. Die mitgetheilte Figur stellt eine Ufereinfassung von Rotterdam an der Maas dar.

Von den Strebepfeilern ist bereits die Rede gewesen; sie bilden eine vorzügliche Stütze für die Mauer, wenn sie mit derselben innig verbunden sind, und wenn der zwischen zwei Pfeilern liegende Theil der Mauer sich gleichfalls nicht trennen kann. Diese Bedingungen finden indess keineswegs immer statt, und sonach möchte es im Allgemeinen wohl vortheilhafter sein, die Anordnung so zu wählen, dass jeder Theil der Mauer schon an sich die nöthige Stabilität besitzt. Wenn in einer Mauer, die mit Strebepfeilern versehen ist, mit der Zeit der Verband sich zu lösen anfängt, so bemerkt man, wie die zwischen liegenden Theile in horizontalen Bögen sich ausbauchen, während da, wo die Strebepfeiler stehen, die Mauer ihre frühere Stellung beibehält. Nicht selten erfolgt auch eine förmliche Trennung der Mauer von den Strebepfeilern und dieses geschieht um so leichter, je schmaler

der Verbindungsfläche zwischen beiden ist. Man hat es zuweilen versucht, die Pfeiler in der Wurzel, oder an der Seite, wo sie aus der Mauer treten, schmaler zu machen, als an der hintern Seite, so dass sie einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt zeigen: dadurch wirkt ihre Masse zwar um so kräftiger auf die Stabilität der Mauer, aber alsdann wird auch die eben erwähnte Gefahr um so grösser, und sie können leicht ihre ganze Wirksamkeit verlieren. Sehr angemessen ist daher die von Vauban gewählte Anordnung, wobei grade in entgegengesetzter Art die Wurzel eine grössere Breite erhält, als der übrige Theil des Pfeilers.

Die Erde, welche zwischen den Strebpfeilern sich befindet, wird durch die Reibung gegen die Seitenflächen derselben gehalten, und sie trägt also schon wesentlich zur Vermehrung der Stabilität bei; man hat es indessen verschiedentlich versucht, ihr Gewicht vollständig auf die Pfeiler überzutragen. Auf solche Art sind zuweilen Schälungsmauern gebildet, welche wegen der geringen Mauermasse auffallen. Ein Beispiel dieser Art zeigt die Fig. 7 Taf. XXII. dargestellte Construction, welche in Bremen an der Weser einigemal vorkommt. Das Material ist der sehr feine Obernarkirchner Sandstein, und diese Mauern haben etwa eine Höhe von 12 Fuss und ruhen auf einem Pfahlroste. Es wechseln drei Läufer- und Binderschichten mit einander ab; die Binder stellen aber keineswegs die ganze Schicht, sondern es sind dazwischen Tafeln eingesetzt, welche das Durchfallen der Erde verhindern. Die Binder, welche die Pfeiler darstellen, sind länger als die Läufer breit sind, daher wird ihr hinteres Ende noch durch kurze Seitenstücke gestützt. Die Masse ergeben sich aus der Figur 1, *b* stellt die Ansicht von vorn dar, *a* den Querschnitt durch die erwähnten Füllungen, und *c* desgleichen durch die Binder. Man bemerkt in *a*, wie die Hinterfüllungserde die Mauer belastet, und dadurch ihre Stabilität sichert. Eine andere Anordnung, die den gleichen Zweck hat, wählte Gauthey bei Erbauung einer Mauer zu Châlons an der Saone; sie ist Fig. 8, *a* in der Ansicht von hinten und *b* im Querschnitte dargestellt*). Es sind nämlich zwischen je zwei Pfeilern drei Bögen übereinander ein-

*) Gauthey, *tratté de la construction des ponts*. I. pag. 381.

gespannt, welche durch die Hinterfüllungserde belastet werden. Gauthey erwähnt, dass er hierbei mehr als ein Drittel der Mauer-
masse erspart habe und dass überdies hierdurch noch in dem
Pfahlroste eine beträchtliche Ermässigung der Kosten eingeführt sei.

Bei dieser Gelegenheit wären auch die niedrigen Ufer-
einfassungen zu erwähnen, welche man in Holland häufig neben den
Kanälen vor den Gärten sieht: sie bestehen aus Dachpfannen, die
seitwärts in derselben Art, wie auf dem Dache, übereinander
greifen und von denen eine Reihe senkrecht über der andern
liegt. Die Stärke der Mauer kommt sonach mit der Länge der
Dachpfanne überein, ihre Höhe beträgt aber ein bis zwei Fuß
und die Erde, welche sich in die horizontalen Fugen hineinzieht,
gibt eben diesem Bau die nöthige Stabilität.

Wenn eine Futtermauer rückwärts überhängt und sie sonach
von den Strebepfeilern gestützt werden muss, so kann noch die
Besorgniss entstehen, dass der zwischenliegende Theil der Mauer
durchbiegen und sich rückwärts senken möchte. Bei der Ein-
fassung der Georgesdocks zu Liverpool (Taf. XIV. Fig. 155)
hat man in dieser Beziehung ein horizontales Gewölbe von einem
Strebepfeiler zum andern gespannt, dessen Anfang in der Figur
durch die punktirte Linie angedeutet ist. Einiger Maassen ähnlich
ist auch die Kaimauer in Sherness angeordnet: der Boden war
hier so locker, dass man selbst auf den Pfahlrost keine voll-
ständige Mauer zu stellen wagte. Man gab daher der Mauer im Innern
sehr bedeutende hohle Räume, die sowohl unten als auch vorn
und hinten durch Gewölbe eingeschlossen wurden. Fig. 9 a zeigt
den Querdurchschnitt, b den Längendurchschnitt und c den Grund-
riss, die Ausführung geschah mittelst der Taucherglocke, und die
erwähnten hohlen Räume waren rings mit wasserdichtem Mauer-
werk umgeben: man füllte sie nachher mit einem besonders leicht-
en kreideartigen Kalksteine aus *).

Es ist bisher nur davon die Rede gewesen, dass die Strebe-
pfeiler auf der innern Seite der Mauer angebracht sind, so dass
sie von der Hinterfüllungserde verdeckt werden; es leuchtet in-
dessen ein, dass sie zur Vermehrung der Stabilität in höheren

*) Dupin, *voyages dans la Grande Bretagne. Force Navale*.
Paris 1824. II. p. 246.

de beitragen, wenn sie auf der äussern Seite stehen, und
 te aus dem Grunde, weil bei einer eintretenden Drehung um
 e äussern Rand die ganze volle Mauer sich heben müsste.
 Anordnung dieser Art vermeidet man gewöhnlich, weil die
 re Fläche der Mauer alsdann die grade Flucht verliert,
 desto weniger kommen doch zuweilen Fälle dieser Art, und
 Beispiel davon giebt wieder die Einfassungsmauer in dem
 schnitte bei Blisworth auf der London-Birminghamer Eisen-
 welcher Fig. 10 a und b dargestellt ist. a bezeichnet einen
 schnitt, und zwar auf der rechten Seite der Figur ist der-
 durch einen Pfeiler und auf der linken durch die Mitte der
 er zwischen zwei Pfeiler gezogen; b dagegen ist die Seiten-
 einer Mauer von der Mitte des Einschnittes aus gesehen.
 oben erwähnten Sickergräben, sowie auch die Ableitung des
 gesammelten Wassers durch den überwölbten Kanal in der
 des Einschnittes ergiebt sich ohne weitere Erklärung aus der
 und es wäre hier nur zu erinnern, dass hier das Mauer-
 übereinstimmend mit der von Brees gegebenen Zeichnung*)
 theilt ist, dass aber die dargestellte Lage der Mauerschichten
 Verbindung der Mauer mit den Strebepfeilern unmöglich
 ist: eine Anordnung, die gewiss nicht Nachahmung verdient.
 Hölzerne Uferschülfungen werden durch Erdanker gegen den
 druck der Erde gesichert, bei Futtermauern muss eine Ver-
 rung dieser Art aber als unpassend angesehen werden, indem
 weniger dauerhaft ist, als die Mauer selbst. Die von de Ces-
 ausgeführte Kaimauer zu Rouen (Fig. 156, Taf. XIV.) er-
 zwar auch hölzerne Erdanker, doch sollten diese nur so
 wirksam sein, bis die Erdschüttungen sich gehörig gesetzt
 wurden; andrerseits erhält man zuweilen baufällige Mauern
 einige Zeit durch Erdanker, wie ich dieses z. B. bei Briel
 ben habe, und es verdient erwähnt zu werden, dass man
 die Verankerungen, die jedoch gleichfalls von hölzernen Anker-
 len ausgehen, in England nicht selten an den Umfassungs-
 ern der Docks vorfindet, doch dienen sie häufig nicht zur
 re für die Mauern selbst, sondern sie stehn vielmehr mit den
 Brücken in Verbindung, so dass sie den von den letztern

*) *Railway practice* I. Taf. XXIII.

Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

ausgehenden Zug auf das feste Erdreich hinter der Mauer übertragen.

Nach der vorstehenden Auseinandersetzung erscheint eine solche Anordnung der Futtermauer am solidesten, wobei das Profil an jeder Stelle hinreichend stark gewählt ist, um dem Erddrucke zu widerstehen: Strebepfeiler, sowie jede sonstige Befestigung werden dadurch entbehrlich. Ausserdem ist im Allgemeinen gewiss die lotrechte Aufführung der äussern Mauerfläche einer Dossirung vorzuziehen. Dagegen kann man ohne Nachtheil die innere Fläche dossiren, oder noch besser, sie mit Banketen versehen, wodurch eine starke Belastung der Mauer durch die Hinterfüllungs Erde veranlasst wird, welche wesentlich zur Vergrösserung der Stabilität beiträgt. Fig. 6 zeigt ein solches Profil, und dieses ist dasselbe, wonach man bei uns die Futtermauern aufzuführen pflegt. Die mittlere Stärke der Mauer beträgt gewöhnlich zwischen ein Viertel und ein Drittel, also durchschnittlich etwa zwei Siebentheile der Höhe. Je mehr das Hinterfüllungsmaterial zu Zeiten erweicht werden kann, um so grösser muss die Stärke angenommen werden. Dabei verdient noch Erwähnung, dass die Futtermauern in den Französischen Häfen nach der von Gayant gegebenen Zusammenstellung^{*)}, ohnerachtet sie nach aussen dossirt sind, dennoch über den dritten Theil und zuweilen nahe die Hälfte der Höhe zur mittleren Stärke erhalten haben.

§. 52.

Ausführung des Mauerwerks.

Bei Untersuchung der Festigkeit der Mauern (§. 50) sind bereits die Hauptregeln für die Darstellung eines guten Verbandes entwickelt und zugleich gezeigt worden, wie wichtig es sei, dass die verwendeten Steine ungefähr gleiche Dicke haben, wodurch die Veranlassung zum Entstehen von besonders schwachen Stellen in der Mauer sich am sichersten vermeiden lässt. Wenn jedoch eine Mauer aus Bruchsteinen oder Ziegeln mit Werkstücken verkleidet wird, so tritt die Besorgniss ein, dass unmittelbar hinter der Verkleidung, wo in allen Schichten Fuge auf Fuge trifft,

^{*)} *Annales des ponts et chaussées*. 1831. II. pag. 62.

die Spaltung der ganzen Mauer erfolgen kann; es ist bereits erwähnt worden, wie man durch eine sorgfältige Auswahl der Steine und Anwendung eines guten Mörtels, so wie auch durch diese Arbeit das ungleichmässige Setzen in diesem Falle verhindern kann. Nichts desto weniger pflegt man noch eine besondere Vorsicht anzuwenden, um die einzelnen Werkstücke mit einander zu verbinden, damit sie bei einem entstehenden Bruche nicht zu weit von ihrer Stelle rücken können, und dasselbe wird sehr nöthig, wenn die ganze Mauer zwar aus Werkstücken besteht, doch ihre geringe Breite oder besonders heftige Stösse durch Wellenschlag oder Eis eine Trennung besorgen lassen.

Am einfachsten erfolgt eine solche Verbindung, wenn man die Binder, die eine mehr gesicherte Lage haben, in ihren Köpfen ab-schwalbenschwanzförmig bearbeitet, wie Fig. 11 zeigt. Es werden dadurch die zwischenliegenden Läufer am Herausfallen hindert. Die Fuge darf indessen nicht bis zur äussern Fläche hergeführt werden, weil sonst eine scharfe Kante entstehen würde, die leicht ausbrechen könnte. Andererseits wendet man dabei auch häufig metallne Klammern oder Anker an, und zwar gewöhnlich eiserne, indem das Kupfer viel zu kostbar ist. Das Eisen muss jedoch die Veranlassung zum Rosten durchaus vermeiden werden, denn dadurch vergrössert es sein Volum und drückt den Stein, wie dieses häufig bemerkt werden kann. Man legt die Oberfläche des Eisens mit einem für das Wasser undurchdringlichen Ueberzuge zu versehen, und zwar geschieht dieses gewöhnlich, indem man es heiss mit Theer oder Leinöl bestreicht: ausserdem aber muss noch das Eisen im Steine vergossen werden, was schon deshalb nöthig ist, um allen Spielraum zu entfernen und selbst die kleinern Bewegungen unmöglich zu machen. Man bedient sich hierzu am vortheilhaftesten des Bleies, welches im Erkalten sich zusammenzieht und dadurch das Eisen fest umschliesst. Dasselbe wirkt überdies durchaus nicht nachtheilig auf das Eisen ein, was der Schwefel thut, womit man gleichfalls zuweilen die Anker im Steine vergiesst. Wenn das Wasser im besten Falle mit dem Eisen in Berührung treten kann, so befördert der Schwefel noch die Oxydation, und der erwähnte Bruch der Steine erfolgt um so schneller. Fig. 12 zeigt die gewöhnliche Steinklammer und Fig. 13 eine Verankerung, welche

Fig. 7 beschrieben ist. Es ist nicht zu bezweifeln, dass die Mauer hierdurch verstärkt wird, denn wenn auch eine Trennung zwischen beiden Mauermassen noch erfolgen sollte, so ist die äussere oder die Werksteinmauer mit vollständigen Strebepfeilern versehen, und sie wird daher nicht so leicht, wie früher einstürzen oder sich ausbauchen können.

Ferner ist es nothwendig, dass man den Werkstücken und zwar den Läufern ebensowohl wie den Bindern passende Dimensionen giebt, damit sie bei einer etwanigen ungleichmässigen Unterstützung, die sich nicht immer vermeiden lässt, nicht gleich brechen. Hiernach muss die Breite und noch mehr die Länge nicht unverhältnissmässig gross gegen die Höhe des Steines gewählt werden; Sgaurin empfiehlt in dieser Hinsicht, den Werkstücken, wenn sie aus einer weichen Steinart bestehen, zur Länge nur die dreimalige und zur Breite nur die zweimalige Höhe zu geben, und selbst bei den festesten Steinen die Länge nie grösser als die fünfmalige Höhe, und ebenso die Breite nie grösser, als die dreimalige Höhe anzunehmen.

Der Grund, weshalb die Werkstücke der Gefahr eines Bruches viel mehr ausgesetzt sind, als die gebrannten Steine oder die Bruchsteine, ist allein darin zu suchen, dass bei ihnen die Fugen und namentlich die Lagerfugen viel weniger gleichmässig mit Mörtel angefüllt werden, als bei jenen. Dieses rührt theils daher, dass ihre Grösse ein leichtes und sichres Manöver beim Versetzen unmöglich macht, zum Theil aber geschieht es auch, weil man gemeinhin eine ganz besondere Vorsicht anwendet und oft anwenden muss, um ihnen eine bestimmte Höhenlage und Richtung zu geben. Der letzte Umstand hat häufig auf die Haltbarkeit von Werksteinmauern sehr nachtheilig eingewirkt, und er ist Veranlassung gewesen, dass man oft Methoden zum Versetzen wählt, die sich nur da rechtfertigen lassen, wo die Steine wenig belastet sind, oder ein Bruch gar nicht zu besorgen wäre, selbst wenn die Unterstützung nur einen kleinen Theil der Grundfläche treffen sollte. Hieher gehört namentlich das Vergiessen der Fugen; man bringt nämlich den Stein, ehe man den Mörtel anwendet, schon in die Lage, die er erhalten soll, und unterstützt ihn dabei durch hölzerne oder auch wohl durch eiserne Keile. Um nun den Mörtel in die Fugen zu bringen, ohne den Stein zu

entfernen, so verstopft man rings die Lager- und Stossfugen mit weissem Mörtel oder zuweilen auch mit Werg, und giesst alsdann den dünnen Mörtel hinein. Ob die Fugen dabei vollständig gefüllt werden, ist gemeinhin nicht mit Sicherheit wahrzunehmen, jedenfalls ist aber der dünnflüssige Mörtel, den man hierbei anwenden muss, einem besonders starken Schwinden beim Erhärten ausgesetzt, und wenn derselbe sich daher auch wirklich über die ganze Ausdehnung der Lagerfuge verbreitet, so trifft der Druck doch vorzugsweise immer nur die Punkte, die ursprünglich durch die Keile unterstützt waren. Wenn alsdann die Mauer höher heraufgeführt wird, und dadurch die Belastung zunimmt, so wird der Stein an denjenigen Stellen, wo er grade aufliegt, zerdrückt und es zeigen sich Risse im Bau. Häufig giebt man den Steinen auch dadurch eine sehr ungleichmässige Unterstützung, dass man sich bemüht, die Fugen von aussen möglichst fein erscheinen zu lassen, weshalb man nicht die ganze tragende Fläche, und (ebenso auch alle übrigen Flächen, welche eine der sichtbaren Fugen begrenzen) gleichmässig bearbeitet; vielmehr erstreckt sich die sorgfältige Bearbeitung nur 2 bis 4 Zolle weit von der äussern Fläche, und der ganze innere Theil ist viel roher gehalten, und mitunter sogar absichtlich hohl gemacht worden, um zu verhindern, dass hier keine Berührung stattfinde, weil dadurch der genaue Schluss der äussern Fuge leiden könnte. Wenn unter diesen Umständen der Mörtel eingegossen wird, und derselbe auch wirklich von Anfang die ganze Höhlung der Fuge in der Mitte des Steines füllen sollte, so wird doch nach dem Erhärten desselben wenigstens keine gleichmässige Vertheilung des Druckes eintreten können, und der Stein ist sonach der Gefahr ausgesetzt, an den äussern Kanten zu brechen, denn hier besitzt er an sich die geringste Festigkeit und gleichzeitig wird er daselbst am stärksten gepresst. Die vielen Risse, welche sich im Pantheon zu Paris zeigten, sind allein durch diese Art des Versetzens der Steine veranlasst.

Viel zweckmässiger, jedoch noch immer einigermaassen ähnlich, ist die folgende Methode, welche in Frankreich nicht ungewöhnlich ist. Der Stein wird nämlich auf hölzernen Keilen und mit ziemlich weiten Fugen versetzt; alsdann streicht man den weissen Mörtel, und zwar hydraulischen Mörtel, mit einer 2 Fuss langen Kelle ein, die an beiden schmalen Seiten mit langen und

grossen Zähnen, wie eine recht grobe Holzsäge versehen ist. Indem diese Zähne nach vorn gerichtet sind, so schieben sie den Mörtel vor sich in die Fuge hinein und man bemerkt sogar, wie derselbe auf der entgegengesetzten Seite herausquillt. Ist auf solche Art die Fuge vollständig gefüllt, so sucht man die Keile herauszuziehen, damit der Stein nur auf dem Mörtelbette ruht. Die erwähnte Kelle ist Fig. 17 dargestellt.

Man muss die Gleichmässigkeit der Unterstützung als den wichtigsten Zweck des Mörtels im Mauerwerke ansehen; bei den schlechteren Sorten der gebrannten Steine kann man häufig kaum 20 bis 30 Stück unmittelbar übereinander legen, ohne dass die unteren brechen, sobald aber die Fugen mit Mörtel gefüllt sind, ist das Gewicht von mehreren hundert Steinen nicht im Stande, die untern zu zerbrechen. Die Cohäsion des Mörtels ist im Allgemeinen von geringerer Bedeutung, und man sollte wohl jeden Bau so anordnen, dass seine Stabilität hiervon nicht abhängt. Die Anwendung des Mörtels wird sonach ziemlich zwecklos, wenn sie nicht in der Art erfolgt, dass eine möglichst gleichmässige Unterstützung wirklich erreicht wird: kann man letztere auf anderem Wege darstellen, so ist der Mörtel sehr entbehrlich. Beispiele liefern manche Ruinen aus dem Alterthume und namentlich aus der Kaiserzeit: so sind die Werkstücke im Amphitheater bei Trier mit der grössten Genauigkeit in den Lagerfugen und eben auch in den Stossfugen abgeschliffen, und sie berühren sich so scharf, dass die Fugen ganz geschlossen sind und kein Mörtel darin eingebracht werden durfte. In neuerer Zeit hat man zuweilen die Unebenheiten in der Oberfläche der Steine durch zwischengelegte Bleiplatten oder Bleikugeln auszufüllen gesucht: diese Methode erscheint insofern passend, als das Blei unter dem Druck ausweicht und es sich in der Art vertheilt, dass es wirklich eine gleichmässige Unterstützung an allen Punkten darstellt. Es kann sich aber auch ereignen, dass es an einer Seite stärker herangedrängt wird, als an der andern, wodurch die Fuge nicht gleich Dicke behält und der obere Theil des Baues seitwärts ausweicht. Jedenfalls ist es als ein grosser Uebelstand zu betrachten, dass bei der spätern Zunahme des Druckes das Blei auch von Neuem in Bewegung kommt, und es wahrscheinlich selbst unter constantem Drucke eine sehr lange Zeit gebraucht, bevor es sich vollständig

in Gleichgewicht gesetzt hat. Hiernach sind im Allgemeinen ~~man~~ die gewöhnlichen Mörtelarten vorzuziehen, die in Kurzem härten und dadurch den darauf ruhenden Werkstücken eine unveränderte Lage sichern.

Die erwähnte gleichmässige Vertheilung des Druckes auf die ganze Basis des Steines lässt sich viel vollständiger erreichen, wenn man schon vor dem Versetzen das Mörtelbette in der Fuge herstellt: es geschieht dieses gewöhnlich, indem man zuerst den Stein auf sein Lager einpasst und durch untergesteckte Keile ihm diejenige Stellung giebt, die er erhalten soll. Alsdann hebt man die Keile sorgfältig ab, ohne die Keile zu verrücken, und bereitet das Mörtelbette in derjenigen Höhe vor, welche durch die Keile bezeichnet wird. Die zu versetzenden Steine müssen, wie sich dieses von selbst versteht, gereinigt und benetzt sein, und für die Stossfuge wird der Mörtel gleichfalls an die senkrechte Seitenfläche der bereits versetzten Steine aufgetragen. Nunmehr wird der Stein wieder in das Lager gebracht, indem man ihn entweder von der Seite herüberkantet, wie dieses gewöhnlich geschieht, oder man hebt ihn durch ein Hebezeug sanft und regelmässig an seine Stelle. Das Letzte ist vorzuziehen, indem das Mörtelbette dabei weniger in Unordnung kommt. Wie vorsichtig man indessen auch immer in der Bereitung des Mörtelbettes gewesen ist, so darf man doch nicht voraussetzen, dass dieses sich gleich von selbst an allen Theilen an den Stein anschliesst, und es bleibt sonach immer sehr vortheilhaft, dass man noch eine Operation vornimmt, die mit dem Eindrücken oder Einschlagen der gebrannten Steine übereinkommt, wodurch eben die vollständige Umschliessung mit Mörtel erreicht wird. Es lässt sich dieses bei Werkstücken gleichfalls bewirken, und es geschieht auch in der That nicht selten, doch ist es schwer, dabei noch immer ganz sicher die beabsichtigte Lage zu erhalten, oder man muss sich darauf gefasst machen, dass man vielleicht den Stein nochmals abheben und das Mörtelbette verändern muss. Am besten ist es, den Mörtel in einer etwas grössern Stärke aufzutragen, als die Keile bezeichnen, und nachdem der Stein versetzt ist und die Keile herausgenommen sind, durch hölzerne Schlägel oder durch Handrammen den Stein soweit herabzutreiben, bis die Fuge sich auf die beabsichtigte Stärke reducirt hat.

Wenn der Bau nur eine einfache Mauerfläche bilden soll, wie dieses bei Wasserbauwerken und namentlich bei Kaimauern der gewöhnliche Fall ist, so kommt es gar nicht darauf an, dass die einzelnen Werkstücke eine vorher bestimmte Lage ganz genau einnehmen, und man kann sie in das Mörtelbette so weit eintreiben, bis der Mörtel reichlich von den Seiten herausquillt und sie recht fest darin gelagert sind. Alsdann ist die Anwendung der Keile auch überflüssig und es lässt sich noch immer ein regelmässiges Werk darstellen, wenn man die Steine auf der vorderen oder äussern und ebenso auch auf ihrer obern Fläche erst nach dem Versetzen vollständig bearbeitet. Man darf sonach auf kleine Abweichungen von der äussern Flucht der Mauer und von der bestimmten Höhe der Steinschicht gar nicht Rücksicht nehmen, sobald aber mehrere Steine einer Schicht auf die beschriebene Art versetzt sind und sie eine recht feste und gehörig unterstützte Lage angenommen haben, alsdann behaut und ebnet man erst im Zusammenhange ihre äussere Fläche und ebenso auch die obere, worauf sich die Lagerfuge für die nächste Schicht bildet. Dieses Verfahren ist in neuerer Zeit in Frankreich für die grösseren Wasserbauwerke allgemein eingeführt*), und es ist nicht zu bezweifeln, dass dadurch die Werkstücke ebenso sicher versetzt werden können, wie gebrannte Steine oder kleinere lagerhafte Bruchsteine. Eine Verzapfung oder ein künstlicher Fugenschritt ist alsdann eben so wenig erforderlich, wie eine Verankerung, um das Herausfallen der Steine zu verhindern. Man giebt dabei der Mörtelbette eine Stärke von etwa 8 Linien, die sich beim Einrammen oder Einschlagen der Steine auf einen halben Zoll zu reduciren pflegt: es muss aber bemerkt werden, dass man die Schläge so führt, dass auch die Stossfugen einigermaassen comprimirt werden.

Es ergiebt sich aus der vorstehenden Beschreibung, dass das Versetzen der Werkstücke im Mörtelbette sich am sichersten ausführen lässt, wenn die Steine möglichst frei liegen, und dass es dagegen bei einer vollen Mauer mit grössern Schwierigkeiten verbunden ist, wo man die Lagerfuge nicht von mehreren Seiten

*) *Sganzin programme I. p. 114.*

betrachten kann. Hierdurch begründet es sich, dass grosse Mauermaassen keineswegs eine Tragfähigkeit besitzen, die ihrem Querschnitte entspricht, und sonach wird die Mauer auch nicht geschwächt, wenn man sie durch hohle Räume unterbricht, und eben dadurch die Gelegenheit herbeiführt, dass jeder einzelne Stein mit aller möglichen Sorgfalt versetzt werden kann. Dieses Verfahren kommt bei Kaimauern zwar nicht vor, wo die grosse Masse nothwendig ist, damit der Seitendruck der Erde aufgehoben wird, dagegen hat man es bei andern Constructionen und namentlich bei der Uebermauerung und Hintermauerung der Brückenbögen, auch wohl bei Brückenpfeilern in der neuesten Zeit in England sehr vielfach angewendet. Vorzüglich war Telford bemüht, die grossen Mauermaassen zu vermeiden, und unter seinen Werken zeichnet sich in dieser Beziehung der Brückenkanal bei Pont-y-cysyllte aus; wo die 121 Fuss hohen Pfeiler nur aus einer 2 Fuss starken Schale bestehen und im Innern hohl gelassen sind. Zur Darstellung eines guten Mauerwerks ist es nach Telford's Ansicht nothwendig, dass nicht nur der Maurer, sondern auch der Bauleiter die Fuge von allen Seiten genau untersuchen kann, und nur diejenigen Steine hielt er für fest gebettet, bei denen dieses möglich war. Die Ausfüllung im Innern lässt keine so gute Arbeit und noch weniger eine genaue Controlle zu, man kann sich daher keineswegs auf sie verlassen.

Wenn man die Werkstücke mittelst Brechstangen von der Seite auf das vorbereitete Mörtelbette hebt, oder sie durch Ueberlanten darauf bringt, so kann es nicht fehlen, dass dieses Bette dadurch in Unordnung kommt, und ausserdem ist ein solches Verfahren auch mühsam, und wenn die Steine bereits vollständig bearbeitet sind, für diese leicht nachtheilig. Weit zweckmässiger ist es, die Steine mit einem Hebezeuge zu fassen und sie gleich in der Richtung und Lage, die sie behalten sollen, an ihre Stelle zu versetzen: man vermeidet dadurch, dass nicht einzelne Theile des Bettes unverhältnissmässig stark gepresst werden und auf solche Art die nöthige Stärke verlieren, und überdiess wird die ganze Arbeit dadurch viel leichter und lässt sich mit grösserer Sorgfalt ausführen. Es sind hierbei zwei verschiedene Gegenstände zu betrachten, nämlich einmal die Vorrichtung zum Fassen des Steines, und sodann das eigentliche Hebezeug.

Jeder bearbeitete Baustein lässt sich durch Tane so fassen, dass er in jeder beliebigen Richtung schwebt: am einfachsten dient dazu die sogenannte Stroppe oder das Kranztan, welches in der Art umgeschlungen wird, wie Fig. 22 zeigt. Diese Einrichtung ist es, womit Perronet die Werkstücke bei seinen Brückenbauten versetzen liess. Beim Gebrauche derselben tritt indes der Uebelstand ein, dass der Stein auf dem Tau stehen bleibt und man muss ihn daher, nachdem er vom Hebezeuge gelöst und noch durch Brechstangen etwas lüften, damit dieses Tau herausgezogen werden kann. Vortheilhafter sind solche Einrichtungen, welche es erlauben, die ganze Operation mit dem Hebezeuge vollenden und den Stein ohne anderweitige Nachhülfe unmittelbar auf das Mörtelbette zu versetzen. Dieses geschieht zum Theil schon mittelst Zangen, doch wird dabei vorausgesetzt, dass zwei gegenüberstehende Seitenflächen des Steines freibleiben müssen, was nicht immer der Fall ist. Ueberdiess ist die Zange bei grossen Steinen wegen ihres eigenen Gewichtes sehr unbequem und sie wird daher gewöhnlich nur zum Heben von rohen Steinen, wie solche etwa bei Steinschüttungen vorkommen, gebraucht. Es wird sonach ihre Beschreibung erst später die passende Stelle finden. Zum Versetzen von Werkstücken eignet sich dagegen ganz besonders die Steinklaue, auch der Wolf genannt: dieselbe fasst den Stein nur in seiner Oberfläche, sie hindert daher nicht die unmittelbare Berührung desselben in der Lagerfuge, noch auch in den sämtlichen Stossfugen ringsumher. Damit sie aber den Stein gehörig hält und derselbe diejenige Lage annimmt, worin er versetzt werden soll, so muss sie an der passenden Stelle angebracht sein, denn der Stein wird immer so schweben, dass die Verbindungslinie zwischen dem Aufhängepunkte und dem Schwerpunkt die Richtung des Lothes darstellt. Häufig und namentlich bei grossen Steinen wendet man gleichzeitig mehrere Steinklaue an: beträgt die Anzahl derselben aber drei, so ist es besonders leicht, die passende Neigung dem Steine zu geben, und man hat nur dafür zu sorgen, dass die Vertikale durch den Schwerpunkt zwischen die drei Aufhängepunkte trifft. Die Löcher, in welche die Steinklaue eingreift, sind bei kleinen Steinen nur wenige Zolle tief, bei schweren und bei spröden Steinen muss man ihnen aber eine Tiefe von 6 bis 9 Zoll geben, weil sonst die Ränder zu leicht

auspringen. Die schrägen Flächen in dem Loche, wogegen die Backen der Klaue sich lehnen, müssen aus demselben Grunde möglichst eben oder cylindrisch geformt sein, je nachdem die Krampe ebene oder cylindrische Backenstücke hat. Finden sich dabei Unebenheiten vor, oder ist der Stein sehr spröde, so lässt sich das Auspringen noch dadurch vermeiden, dass man, nachdem die Klaue eingesetzt ist, feinen und zwar ganz trocknen Sand hineinstreut, wodurch die Zwischenräume angefüllt werden, so dass nunmehr die vollen Flächen zum Tragen kommen.

Fig. 18 zeigt eine sehr einfache Steinklaue, die man nicht selten anwendet: sie besteht aus 2 Stücken, nämlich einem keilförmigen und einem prismatischen. Das erste, welches nach der Figur an einer Kette hängt und mit dem Hebezuge verbunden ist, setzt man zuerst in das Loch, alsdann schiebt man daneben das prismatische Stück oder den Schlüssel ein. Bei dem eintretenden verticalen Zuge der Kette lehnt sich der Keil scharf gegen die schräge Fläche des Loches, so dass der Stein auf diese Art gehoben werden kann. Ist der Stein aber auf der passenden Stelle versetzt worden, so darf man nur den Schlüssel herausziehen, alsdann lässt sich auch der Keil leicht entfernen. Mittelst dieser Klaue versetzte Telford bei dem Hafendamme von Inverness die Werkstücke unter Wasser, und indem an dem Schlüssel eine Leine befestigt war, wie die Figur zeigt, so wurde es möglich, den Keil von oben zu lösen. *)

Sehr ähnlich ist die in Fig. 19 dargestellte Steinklaue. Diese wird noch häufiger als jene angewendet, und sie verdient vor ihr auch insofern den Vorzug, als der Druck sich gleichmässiger auf beide gegenüberstehende schräge Flächen des Loches vertheilt. Ihre Zusammensetzung geht aus der Zeichnung hervor: *a* zeigt sie in ihrer Verbindung von der Seite, *b* von vorn, *c* ist die vordere Ansicht eines der beiden Keile oder Backenstücke und *d* die des Schlüssels, der zwischen beide Keile gesteckt wird. Nachdem diese drei Theile eingestellt sind, legt man den Bügel darüber, woran die Kette des Hebezuges befestigt wird, und endlich verbindet man Alles mit einem Durchsteckholzen, welcher der Sicherheit wegen noch mit einem Splinte versehen wird.

*) *Theorie, practice and architecture of Bridges.* Heft IV. p. 18.

Fig. 21 ist eine Steinklaue, die man zuweilen in England anwendet: sie besteht aus zwei Armen, die zuweilen durch eine Achse in einer vollständigen Scheere verbunden sind, oder sie werden, wie hier angegeben ist, nur lose nebeneinander eingestellt. Sobald man die obern Arme zusammenbringt und die Schleife am Ende des Hebezeuges anzieht, so können die untern Arme sich an dem Lothe im Steine nicht lösen und letzterer wird daran gehalten. Hiermit stimmt auch im Wesentlichen die Fig. 20 gezeichnete Klaue überein, welche J. Neville angegeben hat. Die beiden Arme sind hier bogenförmig gestaltet, und indem sie in dem Stöge stecken, den Fig. 20 d in der Ansicht von oben zeigt, so werden sie in dem obern Theile während des Zuges zusammengedrückt, und sodann pressen sie unten seitwärts gegen den Stein (Fig. b), sobald man aber den Bügel zurückschlägt und den einen Arm an der damit befestigten Leine heranzieht, wie dies Fig. c zeigt, so wird die Klaue frei. Auf solche Art soll man damit auch unter Wasser Steine versetzen können. *)

Bei Anwendung aller hier beschriebenen Steinklauen ist man gezwungen, in der Oberfläche des Steines das Loch zum Einsetzen der Krampe einzuhauen. Dieser Umstand ist in Bezug auf die Festigkeit des Mauerwerks ohne Nachtheil, indem die tragenden Flächen dabei nur unmerklich verkleinert werden. Dieses Loch gewährt auch noch den Vortheil, dass man die stiegenden Gerüste zum Ausfügen und vielleicht zum Nacharbeiten der äussern Mauerfläche mit Leichtigkeit und voller Sicherheit überall befestigen kann. Fig. 49 Taf. XXVII. zeigt die Anordnung, die zu diesem Zwecke beim Bau der Kaimauer am Mersey unterhalb Liverpool getroffen war. Ein starker eiserner Dorn, etwa eines Fuss lang und oben mit einem Querarme versehen, den man bei a von vorn sieht, wird in das Loch der Steinklaue eingesetzt und mit Holzkeilen befestigt, und hieran bindet man die Tauen oder Ketten des stiegenden Gerüsts.

In der obern Steinschicht oder der Deckschicht mag man indessen des bessern Ansehns wegen die Anbringung der Löcher gern vermeiden, die, wenn sie auch mit Mörtel gefüllt werden, sich doch immer unangenehm zu erkennen geben. Zu diesem

*) *The civil engineer and architect's Journal*. 1860. p. 273.

Zwecke werden die hierzu bestimmten Steine in der Art bearbeitet und gehoben, wie Fig. 50 zeigt. Es werden nämlich an denjenigen gegenüberstehenden Seiten des Steines, welche quer gegen die Richtung der Mauer treffen, prismatische Nischen, deren Basis ein gleichschenkeliges rechtwinkliges Dreieck bildet, eingehauen. Etwa 2 Zoll über ihrem Boden, und jedenfalls über dem Schwerpunkt des Steines, wird in der Längsrichtung der Mauer ein Loch von 1 oder $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gebohrt und in dieses jedesmal ein passender Bolzen gesteckt. Die Kette, womit der Stein gehoben wird, spaltet sich in zwei gleich lange Arme, die an ihren Enden mit passenden Ringen versehen sind. Wenn letztere auf die vorstehenden Enden der Bolzen gezogen werden, lässt sich der Stein bequem heben und auch dicht schliessend gegen andere Steine versetzen. Die nächsten Steine müssen aber mit gleichen Nischen versehen sein, die sich gegenseitig zu quadratischen Räumen ergänzen. Hierdurch wird es möglich, die erwähnten Bolzen nachher wieder herauszunehmen, und ein Steinwürfel von 8 bis 10 Zoll Seite, der gemeinhin von etwas dunkler Farbe ist, wird als Dübel in der Oeffnung versetzt und bildet auf diese Art noch einen guten Verband zwischen den einzelnen Steinen, wie Fig. 51 zeigt.

Zum Heben und Versetzen der Steine kann man sich in vielen Fällen schon mit Vortheil des dreibeinigen Bockes bedienen (vergl. Fig. 7. Taf. 1.), indem man einen solchen über dem Lager aufstellt und den obern Kloben eines Flaschenzuges daran befestigt. Es tritt aladann freilich die Schwierigkeit ein, dass der Aufhängepunkt sich nicht horizontal verstellen lässt und man dem Steine die nöthige Seitenbewegung auf andere Art, also etwa durch ein Hopstan, ertheilen muss: nichts desto weniger hat diese Vorrichtung immer den Vorzug einer grossen Einfachheit, und man wird also mit Vortheil benutzen können, wenn die Operation nicht häufig vorkommt und sonach die Anschaffung von Krähnen sich nicht rechtfertigen würde. Es verdient hier bemerkt zu werden, dass man die Wirksamkeit eines Flaschenzuges durch die Verbindung mit einem dritten und zwar einem einscheibigen Blocke nicht verdoppeln kann, und dabei noch den Vortheil erringt, dass man weniger Tauwerk braucht. Diese Verbindung, welche auf den Seeschiffen sehr häufig vorkommt, und der Mantel

genannt wird, ist Fig. 22 dargestellt. Sie bedarf keiner nähern Beschreibung, und man überzeugt sich leicht, dass das Verhältniss zwischen Zug und Last sich so herausstellt, als wenn man einen Flaschenzug angewendet hätte, bei dem die Anzahl der Scheiben noch einmal so gross wäre.

Ein sehr brauchbares und leicht darzustellendes Hebezug bildet der Ladebaum, man versteht darunter einen schräge gestellten Baum, der am obern Ende einen Flaschenzug trägt. Wird derselbe von einem andern senkrecht eingegrabenen und gehörig befestigten Baume gehalten, so lässt er sich mit der daran hängenden Last leicht im Kreise bewegen, und wenn man ihn dabei noch an den letzten Baum heranziehen, oder ihn von demselben weiter entfernen kann, so wird es möglich, die gehobene Last über jeden beliebigen Punkt der vom Ladebaum umfassen Fläche zu bringen, und sonach kann man damit Steine sehr genau in das für sie bestimmte Lager versetzen. Fig. 23 Taf. XXIII. zeigt einen solchen Ladebaum, wie er theils auf Baustellen zu dem in Rede stehenden Zwecke errichtet wird, und wie man ihn andererseits auch zum Verladen von Gütern als Krahn benutz. Nothwendig ist es, dass man für die gehörige Befestigung des senkrechten Baumes sorgt. Dieses geschieht entweder mittelst Kopftauen, die in der dem Ladebaum entgegengesetzten Richtung angebracht sein müssen, oder auch durch schräge Latten, wie dieses in der Figur angenommen ist: letztere haben noch den Vorzug, dass sie nicht nur dem Zuge, sondern innerhalb gewisser Grenzen auch dem Drucke widerstehen, und sonach darf der Ladebaum einen grössern Bogen in diesem Falle beschreiben, als wenn man Kopftaue angewendet hätte. Der Ladebaum ist durch ein Charnier mit einem senkrechten Zapfen verbunden: er dreht sich also horizontal um den letzteren, und zugleich lässt sich sein oberes Ende dem festen Baume beliebig nähern: ein Flaschenzug dient zu dem letzten Zwecke und an einem zweiten wird die Last gehoben und gesenkt.

Beim Bau des Leuchthurnes zu Bell-Rock wurde ein Ladebaum benutzt, der im Gebrauche zwar bequem war, aber dafür auch viel complicirter ist: Fig. 24 stellt denselben dar. Der senkrechte Baum war nicht mehr in den Boden eingegraben, sondern er liess sich drehen und bildete selbst die Drehungsachse. Er war

zu diesem Zwecke oben und unten mit Zapfen versehen, und der erste von diesen wurde von einer eisernen Scheibe als Halsband umfaßt, die selbst durch drei Kopfstäue in ihrer Stelle gehalten wurde. So war es möglich, dass die an dem Ladebaum abzurufende Last an jede beliebige Seite der Achse gebracht werden konnte. An der Achse waren zwei Windevorrichtungen, aus Rad und Getriebe bestehend, angebracht: die eine davon diente zum Heben und Senken der Last, und die andere dazu, die letzte der vertikalen Achse zu nähern oder zu entfernen. Um diese beiden Theile deutlicher darzustellen, ist die Figur so gezeichnet, dass die erste Winde eine Kette und die letzte ein Tau anzieht; in der Wirklichkeit wurden 2 Ketten benutzt. Die Kette, welche die Last hebt, geht über eine Scheibe am obern Ende des Ladebaumes: dann aus sie von hier unmittelbar über die Scheibe geführt, die an der Achse und zwar in gleicher Entfernung angebracht ist, so wird der Ladebaum jedesmal von selbst gegen die Achse schlagen, sobald er unter einem Winkel von weniger als 60 Graden gegen die Loth geneigt gewesen wäre, und dieser Umstand würde den Gebrauch der Maschine nicht nur sehr beschränken, sondern auch gefährlich machen. Dieses ist der Grund, weshalb man die Kette nicht über eine lose Scheibe geführt hat, die beliebig höher oder niedriger gestellt werden kann. Bei einer gewissen Stellung der Scheibe, welche vom Einziehen der betreffenden Kette abhängt, wird es möglich, den Ladebaum steiler oder flacher zu stellen, ohne dass die daran hängende Last sich merklich hebt oder senkt, und sonach erfolgt die gewünschte horizontale Bewegung der Last nach der Achse hin ohne bedeutende Kraftanstrengung.

Der zweibeinige Bock wird sehr häufig zum Heben von schweren Gegenständen benutzt, und nicht selten bedient man sich seiner auch zum Versetzen der Werkstücke: besonders geschieht dieses in der Schiffbauerei. Indem die zwei Bäume mit einander gehörig verbunden sind, so lässt sich die Windevorrichtung daran gehörig befestigen, und diese besteht häufig nur in einer einfachen horizontalen Welle, die durch eingesteckte Hebel gedreht wird, wie Fig. 25 zeigt. Diese Hebel dienen dabei zugleich als Sperrhaken, indem man sie an den Riegel lehnt, der sich oberhalb der Winde befindet. Die Scheibe, um welche das Tau geführt wird, ist zwischen den beiden Bäumen, wo dieselben zusammenstossen, eingelassen.

Andrerseits aber hat man hierbei auch das Rad mit Ge-
gewendet, welches letztere durch Kurbeln an beiden Seiten
wird, wobei auch ein Sperrrad mit Haken angebracht
pfllegt. Die untern Enden der Bäume, welche den Fuss des
bilden, sind mit eisernen Spitzen versehen, damit sie in
schrägen Stände nicht gleiten, und gewöhnlich stellt man
eine untergelegte Schwelle, um das Einsinken in den Boden
verhindern. Der Bock muss ausserdem noch eine Unterlage
erhalten, weil er sonst in der Richtung, welche die Last
senkrecht trifft, umfallen würde. Dieses kann wieder ein
Baum sein, wodurch der Apparat sich in einen dreibeinigen
verwandelt; man kann auch zwei zweibeinige Böcke gegen-
stellen, was z. B. Régemortes that, wobei sich beide in
richtungen gleichzeitig benutzen lassen und dadurch das
der Steine beschleunigt wird. Wählt man aber zur Unterlage
des Bockes das Kopftau, wie Fig. 25. a in der Seitenansicht
so erreicht man den Vortheil, dass man durch An-
Nachlassen dieses Taus die gehobene Last der Schwelle
oder davon entfernen kann. Es ist dabei aber die Vor-
sicht zu beachten, dass man den Bock nicht nahe senkrecht stellen
weil sonst die Gefahr eintritt, dass er rückwärts um-
möchte, und deshalb ist es rathlich, ihn mit zwei Kopf-
tauen versehen, von denen das eine nach vorn und das andere
hinten geführt ist. Endlich ist hier noch zu erwähnen,
in neuerer Zeit zuweilen statt der Schwelle auch einen
Strang einer Eisenbahn anbringt, und in diesem Falle
der Bäume mit gusseisernen Rollen versehen, die auf die
stehen. Alsdann kann man den Bock leichter vorstellen
gehobene Last nicht nur vor- und rückwärts, sondern
gewisser Grenzen auch seitwärts bewegen.

Besonders häufig werden ebensowohl zum Versetzen der
stücke, wie auch beim sonstigen Heben von Lasten die
lichen Krähne benutzt. Um eine lothrechte Achse lässt
Ausleger drehen, an dessen äusserem Ende die Last
Letztere wird bei der Bewegung des Auslegers weder
noch gesenkt, und sonach erfolgt diese Bewegung, was
eine grosse Kraft dazu erforderlich wäre. Die Last ruht
nur in einer Kreislinie fort, und sie lässt sich daher ke-

an jede beliebige Stelle bringen, was beim Versetzen von Werkstücken immer sehr wünschenswerth ist. Einen sehr einfachen Krahn oder Ladebaum, wie er sich auf jeder Baustelle leicht einrichten lässt, und wie ich ihn in England mehrmals und selbst zum Heben grosser Steinblöcke benutzen sah, zeigt Fig. 52 Taf. XXVII. Ein Baum, der die verticale Drehungsachse bildet, ist in den Boden eingegraben und wird rückwärts und nach einer Seite durch 2 Kopfstäue gehalten: unten trägt er einen aufwärts gerichteten starken Haken, der eine Oese am untern Ende des Ladebaums oder des Auslegers trägt. Der Ausleger ist oben mit einem Schlitz versehen, worin eine Scheibe läuft, und darüber wird er durch ein Tau oder auch wohl eine Eisenstange gegen den verticalen Baum gehalten. An letzterem befindet sich unten die zweite Scheibe; von dieser würde das Tau bei jedem Zurückgehen des Auslegers herabfallen, wenn nicht an einer Seite ein starker Klotz als Breche davor genagelt wäre. Diese Sicherung findet aber nur auf einer Seite statt, und daher darf auch nur in dieser Richtung die Drehung des Auslegers erfolgen. Die beschriebene Einrichtung ist gewiss sehr mangelhaft, aber sie empfiehlt sich durch ihre Wohlfeilheit, sowie auch durch die Leichtigkeit, womit der Apparat sich aufstellen lässt. Das Tau wird endlich durch die gewöhnliche eiserne Winde angezogen, und die Ermangelung derselben könnte man sich sehr bequem auch in hölzernen Erdwinden bedienen.

Fig. 53 zeigt einen sehr brauchbaren und kräftigen Krahn, der häufig vorkommt: seine Aufstellung erfordert aber ganz besondere Einrichtungen, indem der untere Theil der Wendeskule oder Kaimauer eingelassen und in einer Pfanne aufstehen muss; ferner wird dieselbe Säule in ihrer Mitte durch ein gut schliessendes Halsband umfasst, und eine sehr kräftige Unterstützung erhält der Krahn noch durch das gusseiserne Rad, welches sich beim Schwingen der gehobenen Last auf einer horizontalen kreisförmigen, in der Decksohle eingelassenen Eisenbahn bewegt. Gewöhnlich befindet sich am hintern Ende dieses Krahn eine Winde nebst Rad und Getriebe, von denen das Letztere mittelst einer Kurbel gedreht wird. In Sunderland hatte man jedoch zur Erleichterung des Löschens der Werkstücke die Einrichtung getroffen, dass sich auch die Kraft der daneben stehenden Dampfmaschine

zum Betriebe dieses Krahns anwenden liess; zu diesem Zwecke führte man die Kette unter der letzten verticalen Leitrolle zwischen den beiden horizontalen Leitscheiben (Fig. c) hindurch: diese befanden sich grade in der Drehungsachse des Krahns, und so liess sich die gehobene Last seitwärts bewegen, ohne dass sie dabei merklich gehoben oder gesenkt würde.

Man hat bei den Krahnen vielfach noch die Abänderung getroffen, dass der Aufhängepunkt oder die Scheibe nicht unveränderlich fest am Ausleger angebracht ist, sondern sich gleichfalls verstellen lässt. Auf solche Art ist man ebenso, wie bei den Ladebäumen (Fig. 23 und 24), auch mittelst des Krahnes im Stande, innerhalb der durch den Ausleger umfassten Fläche jeden einzelnen Punkt zu treffen. Einige dieser Vorrichtungen, die namentlich beim Versetzen von Werkstücken benutzt sind, sollen hier noch beschrieben werden.

Fig. 26 zeigt den transportablen Krahn mit zwei Auslegern, dessen sich Telford beim Bau des Hafendamms zu Aberdeen bediente. *) Die Zusammensetzung desselben ergibt sich aus den Figuren; a ist die Ansicht von vorn, b von der Seite und c von oben. Er ruht auf vier kleinen Rädern, die theils unter der vordern und theils unter der hintern Schwelle angebracht sind, und welche auf hölzernen Unterlagen sich bewegen, so dass der Krahn weiter geschoben werden kann. Gleichzeitig sind an jeder Seite Eisenbahnen angebracht, die jedem von den beiden Auslegern die Werkstücke zuführen, womit der Hafendamm verkleidet wurde. Im Innern bestand der Damm aus rohen Steinen, welche von den Schiffen aus aufgebracht wurden. Senkrecht stehende Ständer sind bei diesem Krahne mit den Auslegern verbunden, und an denselben befindet sich das Rad nebst Getriebe und der ganzen Windevorrichtung, womit die Steine von dem Eisenbahnwagen gehoben und auf der passenden Stelle herabgelassen werden. Die Windevorrichtung nebst der Kette ist, um die einzelnen Theile deutlicher zu zeigen, nur an dem einen Ausleger dargestellt. Dabei muss aber noch besonders auf die Befestigung der Scheibe am Ausleger aufmerksam gemacht werden: Telford beschreibt dieselbe

*) *Life of Telford* p. 131.

ist näher, doch ergibt sie sich ziemlich klar aus den Zeichnungen. Diese Scheibe läuft nämlich nicht in Pfannen, die unmittelbar am Ausleger befestigt sind, vielmehr sind dieselben an einer gusseisernen Platte angebracht, welche mittelst zweier Rollen auf der geneigten Oberfläche des Auslegers leicht bewogen und die daher ohne sonstige Unterstützung von selbst nach der natürlichen Drehungsachse hinrollen würden. Um dieses zu verhindern, und um die Scheiben nach dem jedesmaligen Erfordernisse an eine bestimmte Stelle zu bringen, dient eine zweite feste Rolle am Ende des Auslegers; um die letzte ist nämlich ein Tau gelassen, welches die erwähnte gusseiserne Platte nebst der ersten Scheibe hält, und das andere Ende des Taus ist herabgezogen, so dass man es am Fusse der Drehungsachse befestigen und willkürlich anziehen oder nachlassen kann. Endlich ist noch die Lastung des hintern Theiles des Krahnes zu erwähnen, wodurch ein Umfallen desselben, wenn grade schwere Steine im Ausleger liegen, verhindert wird. Bei diesem Bau wurden Steine, die 60 bis 600 Centner wogen, versetzt, doch scheint es nach der Beschreibung, dass die allerschwersten derselben von Fahrzeugen und nicht durch die beschriebene Maschine gehoben wurden.

Auf eine eigenthümliche Art hat Telford noch beim Bau der Schleusen am Caledonischen Kanal eine Veränderung des Aufhängepunktes der Last unter dem Ausleger des Krahns dargestellt. Fig. 27 auf Taf. XXIV. zeigt diese Anordnung: der Krahn besteht dabei nur aus einem Ausleger, und die Drehsäule desselben, welche etwa 45 Fuss hoch ist, wird in ihrer senkrechten Stellung durch Kopftaue gehalten. Am Ausleger ist ausser der Rolle, vorher das Haupttau gezogen ist, in der Nähe der Drehsäule ein Flaschenzug befestigt, und jenachdem man das erste Tau mehr oder weniger anzieht, entfernt oder nähert sich der gehobene Stein auch der Drehungsachse. Hiermit hängt eine Anordnung zusammen, die man nicht wohl beim Versetzen von Werkstücken, als vielmehr beim Aufbauen von hölzernen Brücken, Lehrbogen u. dergl. zu benutzen vermag. Sie besteht darin, dass einzelne Bäume senkrecht aufgestellt sind und durch Kopftaue gehalten werden. An ihren Enden sind Flaschenzüge befestigt, die gemeinschaftlich das zu hebende Verbandstück fassen, und sonach Gelegenheit geben,

letzteres an einer willkürlichen Stelle zwischen den Aufhängepunkten schwebend zu erhalten.

Durch die meisten der beschriebenen Hebezeuge kann man das zu versetzende Werkstück in einer Kreislinie horizontal bewegen, und indem mehrfach noch die Anordnung dabei getroffen ist, den Aufhängepunkt gegen die Drehungsachse des Auslegers zu nähern, oder davon zu entfernen, so lässt sich die Last genau an diejenige Stelle bringen, wo man sie herablassen will. Diese Bewegung nach der Drehungsachse erfolgt indessen gewöhnlich nicht horizontal, sondern schräge aufwärts oder abwärts, und es ist sonach zu ihrer Darstellung ein grösserer Kraftaufwand erforderlich, als wenn die Höhe des Schwerpunktes unverändert bliebe. Durch besondere Anordnung des Krahns lässt sich dieses freilich vermeiden, indem man entweder dem Ausleger eine horizontale Bahn giebt, worauf der Aufhängepunkt sich verstellen lässt, ohne dass das Tau, woran die Last hängt, sich dabei verlängert oder verkürzt. Dieses lässt sich am leichtesten erreichen, wenn man die ganze Windevorrichtung unmittelbar auf die Bahn des Auslegers stellt. Andererseits gelangt man zu demselben Ziel, wenn man einen zweiten Ausleger am Ende des ersten befestigt, der sich gleichfalls um eine verticale Achse dreht. Dieses kommt in der That bei manchen Vorrichtungen in den mechanischen Werkstätten vor. Bei den eigentlichen Krähnen sind diese beiden Anordnungen nicht üblich, und sie verbieten sich in der That auch dadurch, dass sie einen zu starken Seitendruck veranlassen würden, dem man nur durch besonders kräftige Absteifungen zu Verhinderung der Neigung der verticalen Drehungsachsen begegnen könnte. Dieser Seitendruck verschwindet aber ganz, wenn man eine steife horizontale Bahn anwendet, die an beiden Enden unterstützt ist und worauf sich die Windevorrichtung leicht hin- und herbewegen lässt. Auf solche Art ist es möglich, die gehobene Last in einer Richtung horizontal zu bewegen: wird nun aber die ganze Bahn wieder als Wagen aufgestellt und mit Rädern versehen, so dass sie sich auf einer zweiten Bahn bewegen lässt, deren Richtung die der ersten kreuzt, so kann man den Aufhängepunkt willkürlich an jede dazwischen liegende Stelle bringen, und das gehobene Werkstück ist über alle Punkte der ganzen Fläche innerhalb der ersten Bahn horizontal zu bewegen. Diese

Bewegung erfolgt, sobald eine Kraft wirksam ist, welche nur die Reibung überwindet, die bei Anwendung von Eisenbahnen sehr geringe bleibt. Man erreicht dabei aber noch den zweiten Vortheil, dass man immer nur für senkrechte Unterstützungen zu sorgen hat, indem gar kein schräger Zug vorkommt. Ein solcher Apparat ist allerdings ziemlich kostbar, wenn er indessen längere Zeit hindurch benutzt wird, so kommt es weniger auf die Kosten der ersten Anlage, als auf die der Arbeit selbst an, und letztere schreitet schneller vor und kann mit grösserer Sorgfalt dargestellt werden. Man findet gegenwärtig Anordnungen dieser Art bei Schleusen- und Brückenbauten und selbst bei grossen Landbauten in England sehr häufig angewendet, auch in Deutschland ist bereits mehrfach dieselbe Vorrichtung benutzt worden. So wurden die Werkstücke beim Bau der Brücken zu Besigheim über die Ena, bei Canstadt über den Neckar *) auf solche Weise versetzt, und dasselbe geschah vor einigen Jahren auch bei der Schleuse bei Mannheim. Beim Cölner Dombau wird diese Vorrichtung gleichfalls benutzt.

In Fig. 28 auf Taf. XXIV. ist ein Hebezeug der erwähnten Art dargestellt: *a* zeigt die Seitenansicht desselben, *b* die Ansicht von vorn, *c* von hinten und *d* den Grundriss. Die Figuren *b* und *c* enthalten der grössern Deutlichkeit wegen jedesmal nur die zunächstliegende Maschine, nämlich *b* die Maschine zum Fortbewegen des Wagens und *c* diejenige zum Heben und Herablassen des Steines. Eine specielle Beschreibung ist überflüssig, da dieselbe sich aus der Zeichnung ergibt, es muss indessen noch von manchen Verschiedenheiten der Construction die Rede sein, die hierbei vorkommen. Zunächst entsteht die Frage, ob man die untere Bahn, worauf die obere sich bewegt, in der Höhe des Bodens oder der Sohle der Baugrube, oder aber so hoch anlegen soll, dass sie gleich das ganze auszuführende Mauerwerk überragt. Im letzten Falle wird der Unterbau kostbarer, man vermeidet aber die hohen beweglichen Rüstungen, welche man sonst anbringen muss, um die obere Bahn zu tragen. Wenn man gezwungen ist, Rüstpfähle anzuwenden, so möchte es wohl vortheilhaft sein, dieselben gleich auf die ganze Höhe heraufreichen zu lassen, aber

*) Forster's Allgemeine Bauzeitung 1839.

auch wenn dieses nicht der Fall ist, so ist es noch immer nützlich, die feste Bahn recht hoch herauf zu bringen, denn dadurch vermindert sich die zu bewogende Masse der zweiten Bahn. In entgegengesetzten Falle muss man stark verstreute Böcke anwenden wie solche im Folgenden beschrieben werden sollen.

Demnächst muss man sich entscheiden, ob die obere Bahn die beweglich ist, mit vollständigen Laufbrücken zur Seite versehen werden soll, damit die Arbeiter dem Wagen, der die Windvorrichtung trägt, überall folgen können. Dieses ist wohl die gewöhnliche Anordnung, sie vermehrt indessen gleichzeitig die zu bewogende Masse in hohem Grade, denn es genügen aladant nicht mehr die beiden Balken, welche die Bahn bilden, vielmehr müssen zu deren Seiten noch zwei solche gelegt und darüber ein vollständiger Bohlenbelag, vielleicht sogar mit einem Seitengeländer, angebracht werden. Das Gewicht der obern Bahn kann sich dadurch leicht verdoppeln, und sonach scheint die andere Methode vortheilhafter, die auch häufig vorkommt und die hier in der Zeichnung gewählt ist; die Laufbrücke ist nämlich auf dem Wagen selbst angebracht, und die Arbeiter, welche die Windvorrichtung in Bewegung setzen, stehen zugleich auf diesem und rücken gemeinschaftlich mit ihm fort. Werden dieselben inzwischen an einer andern Stelle gebraucht, so können sie, falls der Wagen sehr hoch ist, auf angelehnten Leitern herabsteigen.

Wenn die obere Bahn nur auf eine geringe Länge, also etwa auf 24 Fuss frei liegt, so genügen einfache Balken, die keiner besondern Verstärkung bedürfen: wird diese Länge aber grösser, oder haben die Werkstücke, die man versetzen will, sehr bedeutende Dimensionen, so muss das Durchbiegen der Balken der obern Bahn verhindert werden. Die gewöhnlichste Methode ist hierbei diese, dass man die Balken durch eine eiserne Kette unterstützt: in der Figur ist nur eine Stütze und zwar aus Schmiedeeisen dargestellt. In England hat man gewöhnlich deren zwei, und zwar aus Gusseisen, wodurch die Höhe dieser Armirung sich vermindert und sonach wieder die ganze Bahn weniger hoch liegen darf. Durch diese Vorkehrungen wird indessen das Ausbiegen der Balken nach der Seite noch immer nicht verhindert, es dienen dazu vielmehr die in der Figur angegebenen horizontalen Streben, die jedoch in England gewöhnlich nicht vorkommen.

Mit Rücksicht auf diesen Mangel an Steifigkeit der Bahn dürfen die Räder mit einfachen Spurkränzen benutzt werden, wie dieses bei den Eisenbahnwagen der Fall ist, denn die konische Form der Radfelge würde noch dazu beitragen, die Schienen auseinander zu drängen; es erhalten daher die Räder hierbei jedesmal doppelte Spurkränze, oder sie werden mit vertieften Rillen versehen, so dass sie die Schienen umfassen und selbige in dem gehörigen Zustande von einander halten. Das Verstellen des Wagens, wie bei der obern Bahn erfolgt dadurch, dass ein Getriebe durch ein oder zwei Kurbeln gedreht wird und die Bewegung einem Stirnrade an der Achse der Räder mittheilt. Am vortheilhaftesten ist es, wenn dieses gezahnte Rad unmittelbar neben dem Wagenrade liegt, oder aus demselben aus einem Stücke besteht, wie dieses die Figur 54 Bezug auf die Räder der untern Bahn zeigt. Am Wagen selbst ist eine andere Einrichtung gewählt worden, um die Construction des hölzernen Bockes zu vereinfachen. In England sieht man noch auf diesen Wagen nur eiserne Rüstungen mit vertikalen Eisenwänden, wodurch die Veranlassung fortfällt, das gezahnte Rad nach der Mitte der Achse zu verlegen. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass man in England gewöhnlich alle vier Räder, worauf die obere Bahn ruht, mit gezahnten Rädern und Kurbeln versieht, und dass häufig auch hier leichte Brücken an der obern Bahn hängen, worauf die Arbeiter stehen, welche die letztern bewegen: so dass keine festen Brücken in der ganzen Länge der untern Bahn erforderlich sind.

Diese ganze Vorrichtung lässt sich dadurch bedeutend vereinfachen, dass man die Hebzeuge zum Heben der Werkstücke von dem Wagen entfernt und sie an die Enden der obern Bahn verlegt: alsdann dürfen die Arbeiter nur neben der untern Bahn stehen, und der Wagen und die obere Bahn werden um Vieles erleichtert. Fig. 54 auf Taf. XXVII. zeigt eine solche Anordnung, die man nicht nur bei Bau-Ausführungen, sondern auch zu andern Zwecken benutzt: die hier dargestellte dient in Sunderland zum Aufstapeln des starken Schiffsbauholzes. Die untere Bahn liegt auf ebener Erde: die obere dagegen ruht auf einem hohen Bocke, der von vier Rädern getragen wird, von denen zwei mittelst angedrossener gezahnter Räder und Getriebe bewegt werden. Ausserdem ist an jeder Seite eine Windevorrichtung angebracht, mittelst

deren nicht nur die Last gehoben, sondern auch der Wagen stellt wird. Der Wagen besteht, wie Fig. 54, c in größtem Maasstabe zeigt, nur aus zwei mit einander verbundenen Achsen, worauf vier kleine Räder, die den Wagen tragen, fest aufgesetzt sind. Letztere drehen sich, wie bei den Eisenbahnwagen, geschaftlich mit den Achsen, und in der Mitte jeder Achse befindet sich noch eine Scheibe, die sich frei dreht. Ich habe letztere grösser als die Räder gezeichnet, damit sie sich in der gehörig von diesen unterscheiden. Von jeder Winde geht eine Kette zunächst über eine Leitrolle am Ende der obern Bahn der nächsten Mittelscheibe auf dem Wagen und von hier nach unten zur hebenden Last. Es ist klar, dass wenn beide Winden gleichzeitig gedreht werden, die Last nur gehoben oder gesenkt ohne dass der Wagen seine Stelle ändert: wenn dagegen beiden Winden mit gleicher Geschwindigkeit, aber in entgegengesetzter Richtung gedreht werden, so wird die Last weder gehoben noch gesenkt, dagegen bewegt sich der Wagen nach jenem Ende, wo sich die Kette verkürzt. Wenn ferner die eine Winde feststeht und nur die andere angezogen wird, so hebt sich die Last unter einem Winkel von 45 Graden aufwärts, wonach kann man sie durch die passende Drehung der Kurbel willkürlich heben und senken oder rechts und links bewegen.

Figur 55 zeigt den etwas mehr zusammengesetzten Wagen eines ähnlichen Hebezeuges, wobei die Last an einem zweifachen Blocke hängt. Es bedarf diese Figur keiner weiteren Erklärung und es muss nur bemerkt werden, dass der Douthewagen nicht zwei Kotten, sondern eine Kette und ein Tappenzug gezeichnet sind, während man wirklich zwei Ketten anzuwenden pflegt. Dieser Wagen wurde beim Versetzen der Werkstücke Viaducts in der London-Greenwich Eisenbahn benutzt, die Räder des beweglichen Bock hatte hier eine Höhe und Länge 24 Fuss.

Sodann muss über die eigentliche Windvorrichtung noch einiges erwähnt werden, was sich ebensowohl auf die Anwendung, wie auf mehrere der beschriebenen Hebezeuge bezieht. Wenn die Bewegung, wie gewöhnlich, durch Kurbeln geschehen kann, deren zwei an derselben Achse angebracht werden können, oder an jeder zwei Mann bequem anstellen sind, so ist

grösste Betriebskraft, über welche man disponiren kann, vier Menschenkräften gleich. Das Verhältniss zwischen dem Rade und Getriebe muss man mit Rücksicht auf den Durchmesser der Winde so wählen, dass die Last noch sicher und ohne übermässige Anstrengung gehoben werden kann. Zuweilen ist jedoch die Last so gross, dass man sich gezwungen sieht, noch ein zweites Getriebe nebst zugehörigem Rade als Vorgelege zu benutzen, und wenn zu Zeiten auch kleinere Lasten mit derselben Maschine gehoben werden müssen, so ist es vortheilhaft, eine Auslösung einzubringen, so dass beliebig das zweite Getriebe ausser Thätigkeit gesetzt werden kann und das Getriebe an der Kurbelachse unmittelbar in das Rad an der Winde eingreift.

Die Winde darf bei einem starken Hebetan oder einer starken Kette nicht einen zu kleinen Durchmesser erhalten, weil dadurch, abgesehen von ihrer geringern Festigkeit, auch eine starke Abnutzung des Taus und eine merkliche Reibung in den Kettengliedern veranlasst würde. Demnächst ist es aber auch vortheilhaft, durch eine schraubenförmig gewundene Rinne in der Winde dem Tau oder der Kette die Stelle vorzuzeichnen, wo sie sich aufliegen sollen: man vermeidet dadurch eine mögliche Unordnung und Unregelmässigkeit in der Belastung des Rades. Das Tau nutzt sich aber vorzugsweise dadurch ab, wenn es sich in starker Spannung gegen die bereits liegenden Windungen reibt. Die erwähnte Rinne verhindert dieses, und wenn sie im Holze oder Gusseisen mit glatten Wänden ausgearbeitet ist, so verschwindet die Abnutzung in dieser Beziehung beinahe gänzlich. Bei der Anwendung von Ketten besteht die Winde aus einer gusseisernen Trommel, und die Rinne ist so breit und tief eingeschnitten, dass die einzelnen Kettenglieder sich darin auf die hohe Kante einschieben können. Alsdann legt sich ein Glied um das andere flach auf die Trommel und die dazwischen befindlichen stellen sich in die Rinne. Dadurch erfolgt das Aufwinden der Kette sehr sanft und ohne ein späteres Kanten und Ziehen der Glieder, was immer mit heftigen Stössen verbunden ist. Zur Erreichung dieser Vortheile gehört indessen noch, dass die Kette nicht nur aus gleichen, sondern auch aus gut schliessenden Gliedern bestehen muss.

An der Winde selbst oder an der Kurbelachse muss ferner ein Sperrrad nebst Haken angebracht sein, um die Last schwebend

erhalten zu können. Zum Herablassen der Last, und namentlich wenn dieses zu einer grössern Tiefe erfolgt, darf aber auch die Bremsvorrichtung nicht fehlen. Am zweckmässigsten ist es, das Bremsrad, wie Fig. 28 a, c und d gezeichnet ist, mittelbar an der Kurbelachse anzubringen, in welchem Falle beim Heben schon die Stelle eines Schwungrades vertritt. Die Bremsvorrichtung ist Fig. 28 e noch besonders dargestellt. Die hölzerne Futter (die in der Figur schraffirt sind) werden durch eine eiserne Schiene gegen die breite Fläche des Rades gepresst und zwar geschieht dieses durch den Hebel, der in der angegebenen Stellung eben diese Pressung bewirkt. Wird derselbe aber in diejenige Stellung gebracht, welche die punktirte Linie anzeigt, so entfernen sich gleichzeitig beide Futter von dem Rad und dasselbe erfährt also keine Reibung mehr. Man muss bei der Anbringung eines Gegengewichtes dafür sorgen, dass der Hebel sich von selbst in der letzten Stellung erhält; alsdann darf nur, wenn gebremst werden soll, herabgedrückt werden.

Die Schienen, welche man zu den erwähnten Bahnen benutzt, haben gewöhnlich die in Fig. 56, Taf. XXVII. dargestellte Form; ihre Höhe beträgt aber häufig kaum 2 Zoll. Mittelst dieser Schienen werden auch Eisenbahnen zum Anfahren der Baumaterialien dargestellt, wobei die Abzweigungen und Ausweichungen wieder nur aus Stücken eben dieser Schienen bestehen. Fig. 57 zeigt eine Anordnung dieser Art, die ich bei Liverpool sah. Die beiden innern Schienen im Anfange der Abzweigung waren nur mit einem Nagel befestigt, und liessen sich daher, so oft ein Strang, zu dem sie gehörten, benutzt werden sollte, einsetzen, wobei sie noch gegen zwei andere Nägel gelehnt waren. Die innere Schiene des andern Geleises lag dagegen während der Zeit auf dem äussern Strange.

§. 53.

Trockne Mauern.

Die Cohäsion des Mörtels ist nach der obigen Auseinandersetzung kein wesentliches Erforderniss zur Festigkeit der Mauer. Wenn man die gehörigen Dimensionen wählt, für einen guten Verband sorgt und es vermeidet, dass die Steine hohl liegen,

Die ohne Mörtel ausgeführte oder die trockne Mauer nicht mit Sicherheit sich selbst tragen, sondern auch dem Drucke seitwärts dagegen geschütteten Erdmasse den nöthigen Widerstand leisten. Auf diese Art lassen sich häufig die Kosten sehr ermässigen, und namentlich geschieht dieses in Gebirgsgegenden bei Strassen- und zum Theil auch bei Strombauten, wenn branchbares Steinmaterial in der Nähe gebrochen wird. Was die Dimensionen und überhaupt die Profilirung dieser Mauer betrifft, so darf man nicht übersehen, dass die einzelnen Steine weniger sicher gelagert sind, als im gewöhnlichen Mauerwerk, woher eine schräge abwärts gerichtete Bruchfuge sich hier leichter bilden kann. Dieser Uebelstand lässt sich indessen vermeiden, wenn man der Mauer eine grössere Stärke giebt, so dass es nicht ungewöhnlich, dass man bei trocknen Futtermauern die mittlere Stärke ihrer halben Höhe gleich macht, und man rath sogar, sie gleich zwei Dritteln der Höhe anzunehmen. Bei diesen Mauerarten dürfen die oben erwähnten Rücksichten nicht unbeachtet bleiben, dass nämlich der Boden, worauf die Mauer steht, horizontal oder wohl gar mit einer Neigung nach hinten geebnet, und die Hinterfüllungs Erde keineswegs auf eine nach der Mauer hin geneigte schräge Fläche gebracht werden darf, sondern der Boden auch hier mit stufenförmigen Einschnitten vorher zu versehen ist. Zuweilen trifft es sich, dass man zur Hinterfüllung diese Erde, sondern ein lagerhaftes Steinmaterial benutzt, so solches lässt sich so aufbringen, dass es gar keinen, oder doch nur einen sehr geringen Seitendruck ausübt. Dazu ist aber, dass zuerst die horizontalen Einschnitte im Boden vollt werden, und demnächst auch das Material immer in horizontal abgelegenen Schichten aufgeschüttet wird. Die Futtermauern dieser Art sind bei Strassenbauten im Thonschiefer-Gebirge gebräuchlich, und alsdann kann man den eigentlichen Futtermauern noch theil sehr geringe Dimensionen geben: es geschieht, dass sie nur den sechsten Theil der Höhe zur mittlern Stärke erhalten, aber eigentlich bildet dabei die ganze Hinterfüllung eine Art von Futtermauer, die nur mit viel geringerer Stärke ausgeführt ist.

Bei dem gewöhnlichen Mauerwerke sprachen manche Gründe, die äussere Fläche geneigt aufzuführen, und namentlich

warchen es nachtheilig, die Lagerfugen nach aussen schräge ansteigen zu lassen, weil der Mörtel durch das eindringende Wasser leiden konnte. Hier sind alle Fugen mehr oder weniger geöffnet, und nirgends verschliessen sie dem Wasser den Durchgang, es ist also kein Grund vorhanden, dasselbe abhalten zu wollen und man giebt sonach gewöhnlich der trocknen Mauer eine starke Neigung nach aussen. Es wird dadurch, wenn nicht etwa Wellenschlag dagegen trifft, sogar der Vortheil erreicht, dass sich um so schneller eine Vegetation in den Fugen bildet, welche die Stabilität der Mauer vermehrt, indem durch die Wurzeln die Fugen gefüllt werden.

Für einen guten Verband muss, wie bereits erwähnt worden, in den trocknen Mauern jedenfalls gesorgt werden, und dazu gehört, dass regelmässige Schichten sich durch die ganze Stärke der Mauer hindurch ziehen, und die Stossfugen gehörig abwechseln. Dabei kommt es wenig darauf an, ob die innere Fläche ganz eben ansteigt, oder ob die einzelnen Steine daraus mehr oder weniger vortreten. Ganz anstathalt ist das Verfahren, welches man sich hierbei zuweilen erlaubt, nämlich eine Art Verblendung mit brauchbarem Steinen an der äussern und der innern Fläche anzubringen, während der Zwischenraum oder der eigentliche Kern der Mauer nur aus Steinschrot gebildet wird. Wenn die Bauten in Entreprise ohne gehörige Aufsicht ausgeführt werden, so kommen solche fehlerhafte Constructionen wohl vor, und man erkennt sie an der fertigen Mauer nicht leicht, wenn nicht etwa die grosse Ebenheit der innern Fläche Verdacht erregt.

Wenn die Steine recht ebene Flächen haben und sehr fest sind, so kann man wenigstens für niedrige Mauern die Ausfüllung der Fugen und selbst die der Lagerfugen ganz umachen; ist die Mauer aber stark geneigt, und steigen sonach die Lagerfugen nach aussen ziemlich steil an, so ist eine bindende Erde oder Sand und Kies zu diesem Zwecke brauchbar. Die Mauer bildet in diesem Falle schon den Uebergang zum Steinpflaster. Man muss indessen darauf achten, dass die Steine sich wirklich unmittelbar berühren, und das Bett nicht aus einer dicken Erde oder Kieslage besteht, denn eine solche kann leicht mit der Zeit herausgespült werden, und alsdann würden die Steine, denen die Unterstützung fehlt, herabsinken. Sehr häufig wendet man bei

trocknen Mauern zum Ausfüllen der Fugen das Moos an, und dieses gewährt in der That manche wesentliche Vortheile. Bei einer sorgfältigen Arbeit, und wenn es nicht in zu kleinen Quantitäten benutzt wird, lässt sich daraus auch bei unregelmässiger Form der Steine ein gutes Lager bilden, so dass der Druck sich nemlich gleichmässig vertheilt. Ein Ausspülen durch Wasser findet hierbei aber gar nicht statt, vielmehr sammeln die erdigen Theilchen, welche das Wasser mit sich führt, sich in und neben dem Moose an, so dass die Fuge nach und nach sich mehr schliesst, wodurch das Moos ganz entbehrlich wird, namentlich wenn die Wurzeln von Pflanzen sich hereinziehen. Endlich aber ist zu bemerken, dass das Moos selbst da, wo es abwechselnd trocken und nass wird, sich mehrere Jahre hindurch unverändert erhält, besonders wenn die herbeigeführte Erde ein vollständiges Austrocknen derselben verhindert.

Für die Ableitung des Wassers darf man bei trocknen Mauern gewöhnlich nicht sorgen, indem die sämmtlichen Fugen für diesen Zweck hinreichend geöffnet sind. Wo dagegen grössere Quellen sich vorfinden, da ist es nöthig, auch die passenden Oeffnungen darzustellen, und man thut sogar wohl, unter der Hinterfüllungswand förmliche überdeckte Kanäle, oder wenigstens Sickergräben zu bilden, in welche der Quell nach der Mauer fliessen kann, ohne durch die Erde dringen zu dürfen, die er sonst erweichen würde.

Als eine besondere Art von trocknen Mauern muss noch das in Frankreich übliche sogenannte *Perré* erwähnt werden: dasselbe ist eigentlich nur ein sehr sorgfältig ausgeführtes Steinpflaster, was eine stark geneigte Erdoberfläche deckt. Diese *Perrés* sieht man namentlich als Fortsetzung von den Flügelmauern der Brücken an den Ufern der Flüsse und Kanäle angewendet, und oft bilden sie, indem ihre Neigung gleichmässig nimmt, den Uebergang von der senkrechten Futtermauer bis zu der flachen Uferböschung, welche mit Rasen bedeckt ist. Dieses ist z. B. an den Brücken und Schleusen des Kanals St. Denis der Fall.

Die Stärke und sonstige Anordnung dieser *Perrés* ist nach den besondern Local-Umständen sehr verschieden. Fig. 29 zeigt das Profil eines solchen, wie es bei der Uferumschliessung oder der

sogenannten Hafenanlage an der Seine in Paris ohnfern des botanischen Gartens vor einigen Jahren zur Ausführung gebracht wurde. Auf den gehörig gestampften Boden wurde eine Reihe von ziemlich regelmässig bearbeiteten Steinen versetzt, gegen welche das Perré sich wie auf ein Fundament stützte. Die Hinterfüllung bestand nur aus einer stark bindenden Erde, die man in der Nähe der Ausmündung der unterirdischen Abzugsgräben oder Egouts entnommen hatte, und welche man mit der Benennung der salpetrigen Erde bezeichnete. Dieses war auch dasselbe Material, das die Fugen füllte. Die Steine waren lagerhafte, an der äusseren und an den Seitenflächen roh bearbeitete Kalksteine, die in regelmässigen Lagen jedoch nur als Läufer aufgebracht wurden. Ihre Breite oder die Stärke der Mauer betrug etwa 10 Zoll, und die Neigung der Mauern gegen den Horizont etwa 45 Grade. Die Fugen waren sämmtlich gegen die äussere Fläche normal gerichtet, und sobald einige Reihen Steine an einer Stelle versetzt waren, so schlug man sie von oben mit grossen hölzernen Hämmern fest ein, und brachte besonders hiedurch die Ausgleicheung der äusseren Fläche hervor, indem ursprünglich die Steine so gesetzt waren, dass sie 1 bis 2 Zoll mit ihren Köpfen vor der Chablone vortraten. Diese Operation stimmt also sehr genau mit dem Einrammen der Pflastersteine überein, und dieses ist bei dem Perrés auch nothwendig, da das Bette für die einzelnen Steine nicht mit aller Sorgfalt vorbereitet werden kann. Damit nämlich die Steine beim Versetzen nicht gleich rückwärts überstürzen, so muss die Hinterfüllung der Mauer, oder die Erdböschung, schon vorher dargestellt sein und immer etwas höher gehalten werden als die Steinwand, wie Fig. 29 dieses zeigt. Der Arbeiter steht beim Legen eines Steines theils auf diesem Erdrücken, und zum Theil auf den oben versetzten Steinen; seine Stellung ist sonach höchst unbequem und wenn er einen Stein versetzt, so kann er nicht den Raum zwischen demselben und der dahinter liegenden Erdmasse vollständig ausfüllen; hierzu dient das spätere Eintreiben des Steines. Ich bemerke hierbei noch, dass der untere mehr horizontale Theil des Pflasters, der sich an den Fuss dieses Perrés anschliesst, mit künstlichem Cemente in den Fugen verstrichen war, weil man bei hohen Anschwellungen der Seine hier eine Ausspülung befürchtete.

Fig. 30 a und b zeigt in der vordern Ansicht und im Profile das Perré, welches Perronet neben der Brücke zu Neuilly anlegte: dasselbe lehnt sich mit seinem Fusse gegen den Holm der Pfahlwand, es besteht aber nicht nur aus der einfachen Lage von Pflastersteinen, die in geringen Abständen von einzelnen kleinen regelmässig bearbeiteter Werkstücke durchzogen sind, sondern die ganze Decke ruht auf einer Hinterfüllung von Steinen. Es verdient noch bemerkt zu werden, dass man in vielen Fällen in Frankreich nicht sowohl auf die Bildung von regelmässigen Schichten in den Perré's sieht, als vielmehr nur darauf, dass die Steine möglichst schliessend versetzt werden. Gewöhnlich ruhen sie auf einer Kiesschüttung, womit auch die Fugen geschlossen werden *).

Ich erwähne hierbei noch des Vorschlages, den Vallée in neuer Zeit gemacht hat **), um denjenigen Perrés, welche die Ufer von grössern Wasserbassins decken sollen, mehr Festigkeit zu geben. Er macht nämlich darauf aufmerksam, dass die Perrés vermodern, namentlich wenn sie von Zeit zu Zeit durch trübes Wasser bedeckt werden, sich recht gut halten und ihre Fugen nicht bleichen, die überdies sich mit einer leichten Vegetation zu pflegen pflegen; dass aber in den Speisebässins für Kanäle, in jedem Jahre sehr hohe und sehr niedrige Wasserstände eintreten, die überdies immer mehrere Monate hindurch anhalten, die Vegetation zerstört wird. Der nachtheiligste Umstand ist aber der Wellenschlag, wobei nicht nur die Fugen auseinander werden, sondern auch die Hinterfüllungserde, worauf die Steine ruhen, fortgespült wird. Es ist klar, dass hierdurch die Steindecke dicht über dem Wasserspiegel einsinken muss, wie aber dicht unter dem Wasserspiegel sich nach aussen ausbreiten sollte, wie Vallée angiebt, möchte man wohl bezweifeln.

Der Vorschlag, der gemacht, aber von der obersten Baubehörde in Frankreich nicht allgemein gebilligt wurde, ging dahin, die Perrés kleine stark dossirte Futtermauern mit horizontalen Schichten und in Mörtel auszuführen, und dieselben, wie Fig. 31, durch einzelne flache Schichten mit einander zu verbinden.

*) Girard, *devis général du Canal de l'Ourcq*. Paris 1806. p. 82.

**) *Annales des ponts et chaussées*. 1823. I. p. 274.

*) *Agren, Handb. d. Wasserbauk.* II. 2. Aufl.

§. 54.

Bohlwerke.

Die Bohlwerke oder hölzernen Uferschälungen kommen so häufig vor, wie kaum eine andere Art von Wasserbauwerken; nichts desto weniger werden sie gewöhnlich nur als Nothbehelfe angesehen, zu denen man seine Zuflucht genommen hat, weil die Kosten für massive Uferschälungen nicht gleich disponibel gestellt werden konnten. In vielen Fällen ist diese Ansicht auch gewiss die richtige, selbst wenn man nur von dem ökonomischen Gesichtspunkte aus den Gegenstand betrachtet, denn die Verzinsung und Amortisation der Bausumme nebst den jährlichen Reparaturen können sich beim Massivbau leicht wohlfeiler herausstellen, als beim Holzbau; in andern Fällen, wenn nämlich die Holzpreise niedrig und dagegen die der Maurer-Materialien sehr hoch sind, giebt der Vergleich das entgegengesetzte Resultat, und gewiss ist es unstatthaft anzunehmen, dass der Massivbau weder Reparaturen noch einen spätern Neubau erfordern sollte. Auf solche Art stellt sich der Holzbau, der in der ersten Anlage meist viel wohlfeiler ist, nicht so nachtheilig dar, und er rechtfertigt sich besonders, wenn eine grössere Wassertiefe und vielleicht eine starke Strömung vor der Uferschälung stattfindet, wodurch die Fundirung eines Massivbaues immer sehr erschwert wird und auch später einigermassen gefährdet bleibt. Eben diese Umstände veranlassen es auch häufig, dass die Ausführung des Massivbaues einen besonders günstigen und längere Zeit hindurch anhaltenden niedrigen Wasserstand erfordert, ein solcher tritt aber gewöhnlich erst während des Spätsommers und des Herbstes ein, so dass der Bau vor dem Winter nicht zu vollenden ist und seine Dauer sich daher auf zwei Jahre ausdehnt. Ganz anders sind die Verhältnisse bei der Anlage von hölzernen Uferschälungen. Dieselben werden immer ohne Fangedämme und ohne Trockenlegung der Baugrube ausgeführt. Die Rummarbeiten, welche dabei am meisten zeitraubend sind, lassen sich schon beim gewöhnlichen Sommerwasser ausführen, und wenn bei einzelnen Arbeiten auch ein niedriger Wasserstand sehr wünschenswerth ist, so ist derselbe doch nicht grade dringend nöthig, und wenn er nicht eintritt, so vergrössern sich nur um etwas die Kosten der nächsten Reparatur.

nämlich nicht das ganze Bohlwerk einer baldigen Zerstörung aussetzen, so ist es nothwendig, diejenigen Theile, welche einer wechselnden Nässe und Trockenheit nicht entzogen werden können, und die aus diesem Grunde keine lange Dauer erwarten lassen, ganz von denjenigen zu trennen, die immer unter dem Wasser bleiben, und die daher als eben so unvergänglich angesehen werden müssen, wie der Rost unter der Mauer. Diese Theile, und namentlich die Spundwand, sind bei einer geringen Wassertiefe vor dem Ufer besonders kostbar in ihrer Unterhaltung, indem sie aber keineswegs mit den Bohlen und Bohlwerkspfählen zugleich immer erneuert werden dürfen, so vermindern dadurch schon sehr beträchtlich die Kosten für den nach 20 Jahren eintretenden Neubau. Wenn aber ursprünglich die Spundwand mit ihrem Fachbaume wegen des höheren Wasserstandes zu hoch heraufgeführt werden musste, oder nicht tief genug abgeschnitten werden konnte, so gewährt dieses nur den Vortheil, dass der Bau in seiner ersten Anlage eine etwas ansehnlichere Form erhielt, als er eigentlich haben sollte, und man wird, wenn der obere Theil der Spundwand zu faulen anfängt, dieselbe nicht bei einem günstigen Wasserstande tiefer abschneiden, sondern einen Fachbaum versehen, was sich in kurzer Zeit ausführen lässt, und wodurch sie der Fäulniss ganz entzogen wird. Die regelmäßigen wiederkehrenden Reparaturen erstrecken sich dann nur noch auf die Bohlwerkspfähle, zum Theil auf die Ankere und vorzüglich auf die Bohlwand selbst; die dabei erforderliche Arbeit ist immer ziemlich einfach, und erfordert keinen besonders niedrigen Wasserstand, auch die Materialien sind in diesen Fällen nicht so theuer, dass sie bei einem sorgfältigen Vorgehen die Kosten den Massivbau als vorteilhafter erscheinen könnten. Man kann die Kosten der Unterhaltung des Holzbohlwerks auch noch dadurch wesentlich vermindern, dass man bei jeder Beschädigung der Bohlwerkspfähle dieselben nicht durch neue ersetzt, sondern man sie vielmehr ebenso wie die Spundwand im Niveau des niedrigen Wassers abschneidet, eine Ständerwand darüber streckt, und auf letztere eine Ständerwand aufboegen die Bohlen sich lehnen. Der Vortheil, den man hier erreicht, bezieht sich darauf, dass bei den regelmäßigen wiederkehrenden Reparaturen die Rammarbeiten ganz fortfallen,

und man statt der langen Bohlwerkpfähle nur kürzere Ständer braucht. Man bezeichnet diese Anordnung mit dem Namen der aufgesetzten Wände, und selbige kommen besonders in Holland vielfach vor; nichts desto weniger darf man nicht übersehen, dass hierbei eine weit festere Verankerung nöthig wird, und dass man selbst durch diese das Bohlwerk gegen den Erddruck nicht gehörig sichern kann, wenn eine grosse Wassertiefe sich daran befindet, denn die abgeschnittenen Bohlwerkpfähle lassen sich nicht unmittelbar mit den Erdankern in Verbindung bringen, und bleiben daher der Gefahr ausgesetzt, herausgedrängt zu werden. Auch wenn Seeschiffe vor dem Bohlwerke zu liegen pflegen, kann man die durchgehenden Pfähle nicht entbehren, weil in diesem Falle die heftigsten Stösse die Verbindung in der Schwelle lösen würden.

Im Vergleiche zwischen den massiven und hölzernen Uferschälungen kommen ausser den Kosten noch einige andere Umstände in Betracht: dem Holzbau lässt sich bei dieser Anwendung nicht leicht diejenige Sauberkeit in der Ausführung geben und noch weniger daran erhalten, welche man in vielen Fällen gern erreichen möchte. Dazu kommt noch der sehr ungünstige Umstand, dass die Strasse dahinter bei jeder Reparatur aufgegraben werden muss, und schon vorher bei eintretender Beschädigung des Bohlwerkes Sackungen und Einsenkungen sich zeigen, so dass die Erhaltung eines guten Steinpflasters hier sehr schwierig wird. Aus diesen Gründen wird man in grossen Städten dem Massivbau unbedingt den Vorzug geben. Auch für die dahinterliegenden Gebäude, besonders wenn dieselben mehrere Stockwerke hoch und massiv ausgeführt sind, werden die oft wiederkehrenden Reparaturen der Bohlwerke wegen der Erschütterungen bei den Rammarbeiten sehr nachtheilig und dieses um so mehr, als grade in dieser Zeit die zwischenliegende Erdmasse nicht gehörig gestützt ist, und sonach die Fundamentmauern leicht dem Seitendrucke der Gewölbe und Bögen nachgeben können. In den Norddeutschen Seestädten kommen Verhältnisse dieser Art vielfach vor, und fast überall giebt sich diese Schwierigkeit zu erkennen. Endlich muss aber auch noch angeführt werden, dass für das Anlegen der Schiffe ein Bohlwerk immer viel vortheilhafter ist, als eine Kaimauer; wenn über einiger Wellenschlag stattfindet, so

Das ein Schiff gar nicht an einer Mauer liegen, ohne den grössten Beschädigungen durch das Reiben und Stossen ausgesetzt zu werden. Aus diesem Grunde versieht man in den englischen Docks ganz allgemein die Kaimauern mit angeholzten hölzernen Ständern, wogegen die Schiffe sich lehnen, und vor der massiven Ufereinfassung im Hafen Neufahrwasser, war man gar gezwungen, eine vollständige hölzerne Wand aufzuführen, auf diese Stelle zum Anlegen der Schiffe benutzt werden konnte.

Die erwähnten Umstände beziehen sich grossentheils auf die natürlichen Uferschälungen, d. h. solche, die das Ufer eines Flusses oder Sees bilden; die Bohlwerke haben indessen, ebenso wie die Futtermauern zuweilen auch nur den Zweck, ein höheres Terrain gegen ein niedrigeres zu begrenzen, und die Vergleichung beider Constructionsarten zeigt alsdann wegen der viel tieferen Fundirung gewöhnlich einen so überwiegenden Vortheil des Massivbau, dass man nur selten mit einigem Grunde sich zum Holzbau entschliessen wird. Der letztere ist aber in diesem Falle der Fäulniss sogar noch mehr ausgesetzt, als wenn er nur einem Flusse ausgeführt wäre, indem nicht nur der freistehende Theil der Bohlwerkspfähle, sondern auch deren unteres Ende von der abwechselnden Nässe und Trockenheit leidet und hier die Beschädigungen in der Höhe des Erdbodens sich sehr zu zeigen pflegen. Es wird sonach im Folgenden nur von jenen Bohlwerken die Rede sein, welche am Ufer von Flüssen oder andern Wasserflächen ausgeführt werden.

Die Bohlwerkspfähle sind nach dem, was bereits erwähnt worden, der Fäulniss besonders stark ausgesetzt, wenn sie nicht etwa unter Wasser abgeschnitten werden. Man muss daher die Holzart wählen, welche einigermaassen der Abwechslung der Nässe und Trockenheit widersteht, dazu kommt noch, dass die Pfähle häufig eine bedeutende Länge haben, und sie jedenfalls gerade sein müssen, wenn nicht die Rammarbeit sehr erhöht werden soll und man überdies sich der Gefahr aussetzen will, dem ganzen Baue ein sehr unregelmässiges Ansehen zu geben. Hiernach kann man für kleinere Bohlwerke wohl Pfähle von Eichen, Ellern oder von anderem harten Holze wählen, so bald ihre Länge aber bedeutender wird, so ist man beinahe ausser Stande, auf das Kiefernholz beschränkt, welches sich zu diesem

Zwecke auch in Hinsicht seiner Dauer besonders gut eignet, sobald es recht harzig ist. Ueber das Einrammen der Pfähle ist schon früher (Theil I. §. 36 und 37) das Nöthige erwähnt worden; hier wäre in dieser Beziehung nur anzuführen, dass die Bohlwerkspfähle keineswegs stark beschwert werden, und daher nicht so fest eingetrieben werden dürfen; wie etwa die Rostpfähle. Es kommt vielmehr nur darauf an, dass sie tief genug im Boden stecken, um dem Seitendrucke der Erde widerstehen zu können, und da sie in dieser Beziehung noch durch die Erdanker gehalten werden, so genügt es im Allgemeinen, wenn sie auf ihre halbe Länge eingerammt werden. Bei besonders festem Grunde oder bei einer starken Verankerung ist indessen auch dieses nicht nothwendig, im entgegengesetzten Falle müssen sie aber noch tiefer herabreichen. Hiernach lässt sich die nöthige Länge der Pfähle beurtheilen; ihre Stärke wird zum Theil durch den Seitendruck der Erde bedingt, dem sie widerstehen müssen. Man würde indessen die Dauer des Baues ausserordentlich beeinträchtigen, wenn man den Querschnitt hiernach allein abmessen wollte, denn die Fäulniss, welche besonders etwas über dem gewöhnlichen Wasserstande eintritt, vermindert von Jahr zu Jahr diesen Querschnitt und sonach muss die Erneuerung der Pfähle um so früher eintreten, je schwächer sie ursprünglich gewählt wurden. Hiermit hängt auch die Antwort auf die Frage zusammen, ob man das Stammende oder das Wipfelende des Pfahles nach unten kehren soll; der Pfahl muss nämlich diejenige Stellung erhalten, wobei sein Querschnitt an der Stelle, welche am stärksten der Fäulniss ausgesetzt ist, der grösste wird, und dieses geschieht fast immer, wenn man das Wipfelende nach unten kehrt. Man hat freilich für Bohlwerkspfähle häufig die entgegengesetzte Stellung empfohlen, theils um sie vor einem Abbrechen in der Oberfläche des Grundes um so sicherer zu schützen und theils auch, um sie der Gefahr zu entziehen, dass sie durch das Eis nicht so leicht gehoben werden. Beide Rücksichten sind aber sehr untergeordnet, da ein Bruch in der erwähnten Art wohl nie erfolgt, und ebensowenig ein Bohlwerk, das mit Erde gehörig hinterfüllt, durch das Eis gehoben werden kann.

Ferner entsteht die Frage, ob die Bohlwerkspfähle wenigstens in dem obern, sichtbar bleibenden Theile beschlagen sein

sen, jedenfalls ist diese Arbeit, nachdem die Pfähle eingerammt sind, sehr viel schwieriger, und wenn daher das Beschlagen überhaupt stattfinden muss, so kann es nur vorher erfolgen. Die Rammarbeit wird alsdann aber wegen der erforderlichen viel grösseren Genauigkeit auch viel mühsamer, und bei unreinem Grunde ist es dennoch unmöglich zu verhindern, dass die Pfähle sich nicht merklich drehen. Dabei darf man es auch nicht übersehen, dass durch das Beschlagen der Querschnitt des Holzes sehr bedeutend und wenigstens um den fünften Theil verringert wird. Hiernach scheint dieses Verfahren im Allgemeinen keineswegs empfehlenswerth, und es dürfte wohl vorzuziehen sein, eine aufgesetzte Wand zu wählen, falls es Bedingung ist, dem Bohlwerke ein recht regelmässiges Aeussere zu geben. In den meisten Fällen ist dieser Umstand indessen von untergeordneter Wichtigkeit, und dieses um so mehr, als sich manche andere sehr augenfällige Beschädigungen doch nicht vermeiden lassen: wenn man aber nur die möglichste Solidität beachten will, so ist es jedenfalls viel angemessener Rundholz zu verwenden, und an den Pfählen, nachdem sie bereits gesetzt sind, die innere Seite, wogegen die Bohlwand sich lehnt, in einer Flucht, die sich der ganzen Pfahlreihe anschliesst, zu beschlagen. Wenn die Pfähle auf eine grössere Länge freistehen, so lassen sie sich freilich, nachdem sie gerammt sind, noch einigermaassen richten, und dadurch kann man die Köpfe der beschlagenen Pfähle wieder in eine grade Linie bringen, und manche Unregelmässigkeiten, die beim Einrammen vorkamen, wieder aufheben; dieses Verfahren beeinträchtigt indessen die Solidität des ganzen Baues sehr wesentlich, denn jeder Pfahl, den man vor- oder zurückgezogen hat, behält die Tendenz, seine frühere Stellung wieder einzunehmen, und wenn er hieran durch die Verzapfung im Holme verhindert wird, so übt er einen fortwährenden Druck aus, und bei einem etwanigen starken Stosse durch ein gegenfahrendes Schiff, oder wenn der Holm bei eintretender Fäulniss seine frühere Festigkeit verliert, so sprengt der Pfahl die Backe des Zapfenloches ab, oder er spaltet den ganzen Holm, und tritt dann wieder so weit vor die Pfahlreihe vor, wie er ursprünglich stand.

Die Entfernung der einzelnen Pfähle von einander richtet sich nach der Stärke der Bohlen, die man zur Verschalung wählt:

letztere sind gewöhnlich 3 oder 4 Zoll stark und alsdann werden die Pfähle ziemlich allgemein in einem Abstände von 4 Fuss von Mitte zu Mitte eingerammt. Man giebt ihnen auch gewöhnlich eine starke Neigung, damit sie dem Erddrucke um so besser Widerstand leisten können.

Um die Bohlwerkspfähle untereinander zu verbinden und das Ausweichen eines einzelnen zu verhindern, versieht man sie gewöhnlich mit einem Holme, worin sie eben sowie die Ständer einer Holzwand in das Rahmstück verzapft und mit hölzernen Nägeln vernagelt werden. Der Holm sichert dabei die Pfahlköpfe vor dem Eintreten des Regenwassers, und es ist aus diesem Grunde auch nothwendig, dass die Zapfen nicht ganz hindurchreichen. Damit aber das Regenwasser auf dem Holme nicht zu stark sich ansammeln und in das Holz leicht eindringen kann, so wird seine Oberfläche nach beiden Seiten abgefasst, so dass sich in der Mitte nur ein schmaler Rücken bildet, der oft in eine scharfe Kante übergeht. Ausserdem pflegt man den Holm, nachdem er vollständig ausgetrocknet ist, noch zu theeren und auch wohl mit Hammerschlag oder Sand zu bestreuen.

Wenn der Holm aus mehreren Balken zusammengesetzt wird, so geschieht dieses gewöhnlich nur durch ein stumpfes Zusammenstossen, und dieses ist bei einem Bau, der so vielfältigen Beschädigungen ausgesetzt ist, wie ein Bohlwerk, auch wohl immer das Zweckmässigste, wenn man freilich dabei nicht vermeiden kann, dass sich das Wasser durch die senkrechte Fuge hindurch in den Pfahl hineinzieht. Man bringt andererseits aber auch zuweilen eine Verblattung und zwar das schräge Hackenblatt an; dieses bildet, so lange das Holz noch unversehrt ist, ohne Zweifel eine festere Verbindung, sobald aber der genaue Schluss durch die allmählig eintretende Fäulniss verschwindet, so verbreiten sich die Beschädigungen wieder viel leichter. Der Stoss muss übrigens in jedem Falle über die Mitte eines Bohlwerkspfahles treffen und zur Hervorbringung einer innigern Verbindung sind noch eiserne Schienen, die man mit starken Nägeln oder mit Klammern befestigt, sehr wichtig; doch müssen dieselben einen halben oder wenigstens ein Drittelzoll stark und 2 oder $1\frac{1}{2}$ Zoll breit sein, eben sowie auch die Nägel 6 bis 8 Zoll lang sein, wenn sie eine gehörige Verbindung darstellen sollen. Man kann diese Schienen auf der obern Fläche des

Holmes anbringen, indem alsdann aber das Wasser zwischen dem Eisen und dem Holze länger zurückgehalten wird, so veranlaßt dasselbe hier leicht Fäulniss, und es ist daher vortheilhafter, die Schienen auf die Seitenfläche des Holmes zu bringen, und zwar möchte es einen Vorzug haben, hierzu die innere, von den Bohlen bedeckte Seite zu wählen, indem alsdann weder die Schiffe dagegen anlaufen können, noch auch eine Entwendung derselben so leicht möglich ist. Fig. 32 auf Taf. XXV. zeigt ein niedriges Bohlwerk, bei dem der Holm in der beschriebenen Art angeordnet ist, wobei findet nur die Abweichung statt, dass die Schiene, welche sonst nicht sichtbar gewesen wäre, sich auf der äusseren Seite befindet.

Die beschriebene Verbindung zwischen den Pfählen und dem Holme, ist keineswegs als besonders fest anzusehen, man muss daher in allen Fällen, wo ein Hernabwerfen des Holmes, was durch das Gegenstossen von Schiffen zu besorgen ist, denken noch auf andere Art und namentlich durch übergelegte Ketten zu halten suchen: wovon im Folgenden die Rede sein wird. Da man indessen auch keine Beschädigungen dieser Art beobachtet, so ist die Verbindung immer nicht so fest, dass ein starker Druck, den ein Pfahl erleidet, sich ganz sicher auf die dahinstehenden übertragen könnte und sonach das Abbrechen des einzelnen unmöglich wäre. Es ist schon erwähnt worden, dass die Backen von den Zapfenlöchern des Holmes unter gewissen Umständen ausspringen, und dieses kann auch im vorstehenden Falle leicht geschehen, da keineswegs die ganze Stärke des Holmes hier in Anspruch genommen wird, sondern nur ein kleiner Theil des Querschnittes den Zapfen des Pfahles festhalten soll. Aus diesen Gründen ist eine Anordnung, wie Fig. 33 zeigt, die man bei kleinern Bohlwerken in Holland häufig sieht, sehr angemessen. Statt des Holmes werden nämlich Zangen angebracht, welche die Bohlwerkspfähle umfassen, deren Verbindung mit Schraubenbolzen eine weit grössere Festigkeit der ganzen Wand gewährt. Diese Zeichnung stellt ein Bohlwerk bei Sloterdijk zwischen Amsterdam und Haarlem dar. Fig. 34 ist der Querschnitt eines höheren Bohlwerks, gleichfalls aus der Umgegend von Amsterdam, dieses ist nach demselben Prinzip angeordnet: es fehlt dabei nur die innere Zange, und die

Aussere, gegen welche alle Pfähle wieder gebolzt sind, vertritt zugleich die Stelle der Ankerriegel. Hierbei sind die Pfahlköpfe nicht durch Holme bedeckt, wohl aber kann man durch aufgenagelte Brettstücke, wie dieses in letzterem Falle auch geschehen ist, das Eintreten des Wassers verhindern. Eine zu grosse Vorsicht ist aber in dieser Beziehung ganz überflüssig, da derselbe Pfahl oder Ständer weiter abwärts doch nicht vor Fäulniss geschützt werden kann, und es sonach ziemlich gleichgültig ist, ob bei der nothwendigen Erneuerung desselben eine andere Stelle gleichfalls bereits schadhaft geworden ist, oder diese sich noch in gutem Zustande befindet. Häufig geschieht es auch, wie Fig. 32 zeigt, dass ausser dem fortlaufenden Ankerriegel noch ein Holz angebracht ist. Diese Figur stellt ein Bohlwerk mit aufgesetzter Wand vor, das ich in Utrecht sah.

Gegen die beschriebene Pfahlwand oder gegen die aufgesetzte Wand lehnt sich die Verschalung oder die Bohlenwand; sie besteht gewöhnlich aus drei- oder vierzölligen Bohlen, die horizontal an die Pfähle oder Ständer genagelt sind. Zu diesem Zweck müssen die Pfähle an der innern Seite nach der Schnar behauen werden, oder wenn sie schon früher behauen waren, so müssen ihre innern Seiten in eine Ebene fallen. Die Stösse der Bohlen treffen wieder jedesmal auf die Mitte eines Pfahles, und es dürfen nicht mehrere Stösse unmittelbar übereinander vorkommen. Das Annageln der Bohlen ist in sofern nothwendig, als sie sonst nicht regelmässig aufgebracht werden können: sobald das Bohlwerk aber hinterfüllt ist, so presst der Seitendruck der Erde die Bohlen schon gegen die Pfähle und es ist daher keine Veranlassung vorhanden, diese Befestigung besonders stark zu machen. Gewöhnlich werden die Bohlen an den Stössen mit eisernen, und ausserdem gegen jeden andern Pfahl mit einem hölzernen Nagel befestigt. Um in den Lagerfugen einen gehörigen Schluss darzustellen, versieht man die Bohlen zuweilen mit einer halben Spundung, oder man schmiegt sie schräge ab, jedoch in beiden Fällen so, dass die Fuge an der Aussen Seite aufwärts gerichtet ist. Auf solche Art kann man freilich das Durchfallen der Hinterfüllungserde verhindern, allein die scharfen Kanten oder der geschwächte Rand der Bohle fault auch um so früher, und daher erscheint es angemessener, wenn man die Bohlen, nachdem sie recht grade ge-

sind, nur stumpf übereinander legt. Ein starkes Hindurchdringen der Hinterfüllungserde darf man für die über dem Wasser liegenden Fugen nicht besorgen, besonders wenn die Erde etwas fest ist; dagegen treiben durch die Fugen, welche grade Wellenschläge getroffen werden, leicht grosse Massen hindurch und man muss daher sehr sorgfältig sein, diese möglichst zu vermeiden. Dieses geschieht am leichtesten und wohlfeilsten, wenn man von innen schlechte Dielen darüber nagelt. Hierzu eignen sich noch sehr gut die aus dem Sägeblocke geschnittenen Dielen, und da sie nur die Fugen verdecken sollen, so müssen sie auch nur wenige Zolle breit zu sein, und sonach müssen diese Dielen noch ein oder zweimal nach ihrer Breite geschnitten und dadurch die Kosten derselben ermässigen.

Die Bohlenwand ist derjenige Theil des Bohlwerkes, der am meisten vergeht und daher am frühesten einer Reparatur bedarf: man zeigt diejenigen Gänge, die etwas über den gewöhnlichen Sommerwasserstand treffen, sehr bald Spuren der Fäulniss. Man sieht nicht nur durch die abwechselnde Nässe und Trocknung aus, sondern noch mehr durch die feuchte Erde von oben, wenn sie unrein ist, zum Entstehen und zur starken Vermehrung des Schwammes Gelegenheit giebt. Indem nun aber die unteren Bohlen die Reparaturen am schwierigsten werden sind, so ist es angemessen, sie dadurch zu verstärken, dass man statt ihrer sechszölliges Halbholz oder schwaches Vollholz wählt.

Wenn die Bohlwerke ohne Fangedämme und ohne Wasserriegel erbaut werden, so lässt sich die Bohlenwand nur bis zum Wasserspiegel herabführen, und es entsteht die Frage, was man in dem untern Theil der Felder zwischen den Pfählen thun soll, wenn das Bohlwerk in tieferem Wasser ausgegraben ist. Am sichersten geschieht dieses mittelst einer Spundwand oder auch wohl einer Stülpwand, auf deren Fachbaum der Gang der Bohlenwand ruht. Zuweilen lässt man aber die Spundwand gleich bis zur ganzen Höhe des Bohlwerkes stehen. Fig. 33 zeigt eine Anordnung dieser Art, doch dürfte im Allgemeinen gewiss nicht zu empfehlen, indem die Fäulnis im Holze, die sich immer zuerst in einer bestimmten Stelle zeigt, hier nicht mehr einzelne, sondern vielmehr die sämt-

lichen Bohlen trifft, und sonach eine Reparatur nicht anders genommen werden kann, als durch Erneuerung des ganzen Bohlwerkes. Im ersten Falle, wo nämlich die Bohlen horizontal an die Pfähle genagelt sind, erstreckt sich die stärkste Beschädigung nur auf einen oder zwei Gänge, und man braucht sonach bei ersterer Reparatur nur diese zu erneuern.

Die Spundwände gehören immer zu den kostbarsten Anlagen und man wird dieselben daher nur da anwenden, wo sie nicht vermeiden lassen; dieses ist namentlich der Fall, wenn grosse Wassertiefe etwa von 8 oder mehr Fuss unmittelbar dem Bohlwerke stattfindet, und besonders auch, wenn eine starke Strömung vorbeigeht, die ein tiefes Auskolkung befürchten können. Kommen diese Umstände nicht vor, so ist die Spundwand selbst die Stülpwand entbehrlich, man bringt aber die Gänge der Bohlwand in ähnlicher Art unter das Wasser, welches bereits bei Gelegenheit der Fangedämme (I. Seite 689) beschrieben ist. Fig. 32 a zeigt dieses Verfahren. Nachdem nämlich die Pfahlwand mit dem Holm versehen ist, so baggert man an der innern Seite derselben einen Graben aus, der so tief sein muss, als möglicher Weise die Auskolkungen neben dem Bohlwerke sich erstrecken können. Alsdann bildet man eine Mauer aus Bohlen von solcher Höhe, dass dieselbe von der Sohle des Grabens bis über das Wasser reicht; das letzte ist nothwendig damit man sie mit einigen Nägeln wagerecht befestigen kann. Ist dieses geschehen, so füllt man den Graben von der innern Seite sowie auch von der äussern Seite wieder gehörig aus und hebt den übrigen Theil der Bohlwand in der beschriebenen Art zur vollen Höhe herauf.

Die Beschaffenheit des Hinterfüllungs-Materials ist keineswegs gleichgültig, denn nicht nur, dass die feinen und zusammenhängenden Erdarten leicht durch die Fugen gehen können, so kommt es auch darauf an, dass die Erde nicht die Fäulnis und die Bildung des Schwammes befördert. In diesen Beziehungen ist gewiss eine feste Thonerde oder ein bindender Lehm sehr brauchbar, und derselbe wird daher unmittelbar hinter den Bohlen aufgebracht: man giebt diesem Boden zuweilen die Stärke von mehrern Fussen und alsdann

Es ist auch gewiss nicht zu verkennen, doch häufig reduziert, der Kostenersparung wegen, auf einige Zolle, wodurch sie ganz nutzlos werden. Was die Sicherung des Holzes gegen Fäulniss und Schwamm betrifft, so besitzt der Thon wohl besondere Eigenschaften, die ihn vor den sonst vorkommenden mineralischen Erden auszeichnen: ich habe wenigstens bemerkt, dass eine Sandschüttung sich mindestens eben so vortheilhaft zeigt, und dass diejenigen Uferbefestigungen, welche Jahr hindurch mit Sand verdeckt waren, sobald sie wieder freigelegt kamen, keine Spur von Fäulniss bemerken liessen, nur war in der Höhe, wohin sich abwechselnd die Feuchtigkeit gezogen hatte, die weichere Holzmasse zwischen den Jahresringen angegriffen und zum Theil zerstört: mit Rücksicht auf die Länge der Zeit hatte das Holz sich aber sehr gut erhalten. Auch dürfte der reine Kiessand, und ebenso auch wohl jede Mischung desselben mit Thon, dem reinen Thone nicht nachstehen. Dagegen sind die vegetabilischen und animalischen Substanzen und besonders wenn sie sich schon in Humus verwandelt haben, sehr nachtheilig: wo sie die Bohlen berühren, bildet sich sehr leicht Schwamm aus, der in weit ausgedehnten Ranken und in verschiedensten Formen alle Theile des Bohlwerkes, die über Wasser liegen, durchzieht und ihre Zerstörung sehr wesentlich beschleunigt. Man muss sich daher besonders hüten, eine Erde, welche in dieser Art verunreinigt ist, an das Werk zu bringen, und es ist sogar keine übertriebene Vorkehrung, wenn man Hobelspäne und sonstige Stoffe, die bald in Fäulnis übergehen, sorgfältig entfernt.

Was dagegen das Durchfallen der Erde zwischen den Bohlen betrifft, so wird durch die horizontalen Fugen weder der trockne noch der nasse Sand hindurchdringen, und nur in dem Falle, wenn bedeutende Wassermassen durchziehen, reissen diese die Bohlen mit sich. Der übelste Umstand ist hierbei aber, wie schon erwähnt worden, der Wellenschlag, der eine ununterbrochene Durchströmung erzeugt, die um so heftiger wird, je mehr Oeffnungen sich im Innern bilden. In dieser Beziehung leistet die Thonwand auch keinen dauernden Widerstand, sie wird durch das Einstürzen der Hinterfüllungserde um so länger erhalten, je stärker sie ist. Wenn daher das Bohlwerk einem

heftigen Wellenschlage ausgesetzt ist, so lassen sich die Fugen hinreichend dichten, noch auch kann die Hinterfüllung gegen ein starkes Einstürzen gesichert werden. Das einzige dagegen besteht darin, dass man in der ganzen Höhe, welche den Wellen erreicht wird, statt der Hinterfüllung eine regelrechte Verpackung von Steinen ohne Anwendung eines feineren Materials anbringt: auf diese legt man einen dicht schliessenden Boden, worauf alsdann die gewöhnliche Ausfüllung mit Erde. Dieses Verfahren ist indessen nicht nur in der ersten Anlage kostbar, sondern es erschwert auch jede vorzunehmende Reparatur; aber nichts desto weniger sieht man sich zuweilen dazu genöthigt, und namentlich geschieht dieses bei den vorspringenden Böhlwerken, welche etwa den Uebergang zu einer flachen Böschung bilden. An den Flüssen oder Strömen des Binnenlandes wird eine solche Vorsicht wohl immer überflüssig sein.

Wenn die Böhlwerkspfähle etwa auf 8 Fuss Länge darüber freistehen, oder wenn der Boden, in welchem sie gerammt sind, besonders lose ist, so können sie leicht durch den Druck der Hinterfüllungserde herausgedrängt oder zurückgedrückt werden: man muss sie alsdann durch Erdanker unterstützen. Wenn das Böhlwerk aber durch eine aufgesetzte Wand geschützt wird, so dürfen die letzteren auch bei einer geringeren Länge des Böhlwerks nicht fehlen. Es wäre kaum zu erwähnen, dass die Verankerung die nöthige Festigkeit haben muss, um der Erde sicher aufzuheben: diese Bemerkung rechtfertigt sich aber dadurch, dass man nicht selten, und namentlich wenn der Bau auf Entreprise ausgeführt wird, grade auf diesen Theil durch die Ueberschüttung mit Erde sehr bald dem Auge entgeht, die mindeste Sorgfalt verwendet. Es schadet gewiss nichts, wenn man zu den Ankerbalken und Riegeln und selbst zu den Ankerpfählen krummgewachsenes Holz benutzt, aber es dürfen diese Theile aus angefaulten oder solchen Stämmen gerichtet werden, die durch langes Liegen an der Luft und Wasser ihre Festigkeit schon verloren haben, auch ist es unzulässig, Stücke stark über den Span zu schneiden. Im Fall vorgekommen, dass alle Anker in der hölzernen Wand einer Schleuse zerrissen, und die nähere Untersuchung ergab, dass die Ankerbalken aus krummen Eichenstämmen waren,

erhalten waren, dass keine einzige Holzfaser in der ganzen Länge des Ankers hindurchging.

Es entsteht hierbei zunächst die Frage, in welcher Höhe der Erdanker angebracht werden sollen. Da man denselben keine festen Stützpunkte geben kann, und sie daher um so leichter nachgeben, je stärker der Zug ist, dem sie ausgesetzt sind, so ist im Allgemeinen gewiss vortheilhaft, wenn sie möglichst hoch im Pfahl fassen. Indem nämlich der Bohlwerkspfahl mit dem einen Ende im Boden steckt, so kann man ihn als einen einzigen Hebel ansehen, dessen Drehpunkt etwa in der Mitte des der Erde befindlichen Theiles liegt; der Seitendruck der Hinterfüllungserde bildet die Last und der Zug des Erdankers die Kraft, welche das Gleichgewicht erhalten soll. Auf solche Art ist das richtige Moment gegeben, und der erforderliche Zug verhält sich umgekehrt, wie die Entfernung des Angriffspunktes von dem Drehpunkte. Es scheint dieses die angemessenste Auffassung der Aufgabe zu sein, man hat sie indessen sonst unter einem ganz verschiedenen Gesichtspunkte gelöst, und die Voraussetzung eingeführt, dass die Tendenz zum Zerbrechen des Pfahles oberhalb und unterhalb des Ankers gleich gross ist. Auf diese Art kommt man zu dem Resultate, dass der Erdanker in der halben Höhe des freistehenden Theiles angebracht werden muss, dabei ist aber die Voraussetzung gemacht, dass der Pfahl im Boden ganz steht und er bei einer eintretenden Bewegung in der Oberfläche selbst abgebrochen werden muss. Es darf kaum erwähnt werden, dass diese Bedingungen in der Wirklichkeit nicht vorkommen, auch möchte es wohl wenige Beispiele dafür geben, dass nackte Bohlwerkspfähle durch den Erddruck abgebrochen wären, gegen ein Nachgeben der Anker sich sehr häufig zeigt. Man kann indessen im vorliegenden Falle sich durch solche Gründe, aus der Statik entnommen sind, nicht allein leiten lassen. Die ganze Bohlwerksbau wird ohne Senkung des Wassers in der Grube ausgeführt, daher ist es unmöglich, das Anker unter das niedrigste Wasser zu legen, und andererseits muss es auch der Hinterfüllungserde bedeckt bleiben, weil es sonst den meisten Beschädigungen zu sehr ausgesetzt wäre. Durch diese Bedingung wird in vielen Fällen die Wahl der Höhe schon auf nahe Grenzen beschränkt, sobald man aber noch eine andere

Bedingung einführt, nämlich dass der Ankerbalken nebst Riegeln und Ankerpfählen möglichst vor Fäulniss geschützt bleiben sollen, so muss man alle diese Theile in die stets nasse Erde nahe über dem niedrigsten Wasser bringen. Die letzte Rücksicht ist mit sehr seltenen Ausnahmen die wichtigste, denn welche Construction man auch wählen mag, so hängt die Wirksamkeit der Verankerung immer davon ab, dass das Holz fest bleibt: fängt es an zu verrotten oder zu faulen, so drücken sich sogleich die Theile an einander, die Nägel und Klammern stellen keine feste Verbindung mehr dar, und das Anker giebt nach, wodurch es seinen ganzen Zweck verfehlt.

Ein andrer Umstand, der für die Verankerung sehr wichtig ist, bezieht sich darauf, dass die Pfähle, welche den festen Stützpunkt bilden sollen, nicht in der frisch aufgeschütteten Hinterfüllungserde, sondern in einem gehörig festgelagerten Boden eingerammt werden müssen, weil sie nur in diesem Falle den nöthigen Widerstand leisten können. Auf solche Art hängt die Länge des Ankerbalkens und ebenso auch die der Ankerpfähle von der Beschaffenheit des Ufers ab. Endlich wäre bei der Angabe der allgemeinen Bedingungen auch noch zu erwähnen, dass die Endanker wenigstens an beiden Enden gehörig unterstützt werden müssen, weil sie sonst an dem allgemeinen Setzen der Hinterfüllungserde Theil nehmen und die eisernen Bügel oder Holzbohlen, womit sie gegen die Bohlwerkpfähle befestigt sind, brechen. Man bemerkt es sehr häufig, wie die erwähnten Eisenstücke sich durchweg gebogen haben, und bei näherer Untersuchung zeigen sich auch vielfache Risse und vollständige Brüche darin, so dass eine Verankerung, welche in dieser Beziehung nicht gehörig gesichert war, auch keine Festigkeit hat.

Die Verankerung kann auf sehr verschiedene Art bewirkt werden: der Ankerbalken fasst entweder unmittelbar einen einzelnen Bohlwerkpfehl, oder passender einen Balken, der als Zange vor allen Pfählen vorbeigeht und an jeden einzelnen angeholzt ist. Fig. 34 zeigt die letzte Anordnung: der Ankerbalken liegt mit seinem Kopfe auf der Zange und ist in dieselbe verkämmt. Auf solche Art ist er nicht nur selbst gehörig unterstützt, sondern erstreckt sich auch seine Wirksamkeit gleichmässig auf die sämmtlichen benachbarten Pfähle. Das Vortreten des Balkenkopfes und

Test der Zange vor der Aussen Fläche der Pfahlwand ist innen, wenn grössere Schiffe am Bohlwerke liegen sollen, für dieselben leicht nachtheilig, und die vorstehenden Köpfe können abgebrochen werden. Man wählt daher zuweilen eine etwas geänderte Einrichtung, die Fig. 35 zeigt. Ich muss aber betonen, dass eben bei dem Bohlwerke in Utrecht, welches diese Figur darstellt, die sämmtlichen Köpfe der Ankerbalken in der Richtung des durchgehenden Schraubenholzens gespalten waren. Ufer waren je zwei Ankerpfähle eingerammt, gegen welche ein kurzer Riegel sich stützte, und auf letzteren war das hintere Ende des Ankerbalkens verkämmt. Diese Befestigungsart ist die gebräuchliche, und gewiss verdient sie wegen ihrer Solidität vor den meisten übrigen den Vorzug.

Fig. 36 stellt eine Verankerung vor, die ich in Antwerpen an einem Bohlwerke an der Schelde anbringen sah, welches etwa 5 Fuss über das niedrige Wasser sich erhob. Der Abstand der Pfähle betrug 5 Fuss und ein Pfahl um den andern war verankert. Die Zange liegt hier auf der innern Seite der Bohlwerks-Pfähle, und zwei Ankerbalken umfassen den Pfahl: sie sind mit einander nicht nur durch einen herumreichenden Bügel, sondern auch durch einen Bolzen verbunden. Rückwärts ruhen beide Ankerbalken auf einem Riegel, in den sie verkämmt und verbolzt sind, und ein einziger Ankerpfahl genügt zur Stützung des Riegels.

Statt die Ankerbalken auf die Riegel zu verkämmen, pflegt man auch zuweilen die erstern zu durchlochen und den letztern durchzustecken, wie dieses Figur 37 zeigt. Diese Anordnung scheint insofern nicht unpassend, als man bei einer keilförmigen Form des Riegels durch starkes Eintreiben desselben die ganze Verankerung gleich gehörig spannen kann, so dass bei der darauf folgenden Hinterfüllung mit Erde jede Bewegung des Bohlwerkes verhindert wird: nichts desto weniger muss man doch Bedenken tragen, mittelst dieses sehr dünnen Riegels den Zug des Ankerbalkens auf die Pfähle zu übertragen, indem derselbe für die Dauer nicht die nöthige Festigkeit erwarten lässt, besonders wenn nach einigen Jahren das an sich schon schwache Holz noch durch Fäulnis leidet. Ebensowenig kann die in Fig. 38 dargestellte mittelbare Verbindung des Ankerbalkens mit dem Ankerpfahle billigt werden, denn der durchgehende und verkeilte Zapfen,

der hierzu dienen soll, ist gleichfalls zu schwach, um die nöthige Sicherheit zu versprechen. Die in Fig. 39 angegebene Befestigungsart des Ankerbalkens, welche sich durch eine Verstrebung von Ankerpfählen von den beschriebenen unterscheidet, ist zwar auch für gewöhnliche Bohlwerke vorgeschlagen worden, doch lässt sich selten ausführen, wenn man nicht das Anker weit über den Wasserspiegel verlegen will. Dagegen ist diese Anordnung für die Wände von hölzernen Schleusen passender, weil bei deren Ausführung die Baugrube trocken gelegt wird und sonach die unteren Enden der Streben unter dem niedrigsten Wasserstande auf Stützpfähle aufgekant werden können.

In den drei letzterwähnten Figuren sind solche Verbindungen dargestellt, wobei die Köpfe der Ankerbalken nicht gehörig unterstützt sind und sonach eine Senkung eintreten muss. Man könnte freilich den Balken noch auf der Bohlwand ruhen lassen, wie Fig. 37 zeigt, doch erhält er dadurch auch keine sehr sichere Unterstützung, und ausserdem vermeidet man es auch gern, die Bohlwand zu durchschneiden, woher gewöhnlich der Ankerbalk nur bis an sie heranreicht, aber nicht hindurchgeht.

In Fig. 38 und 39 sind die Ankerbalken mit den Bohlwerkspfählen durch eiserne Bügel verbunden, in Fig. 37 dagegen durch Schraubenbolzen. Beide Verbindungsarten kommen vor, die letztere ist wohlfeiler, weil man weniger Eisen dabei gebraucht und sie gewährt auch noch den Vortheil, dass man durch starkes Anziehen der Schraubenmutter gleich einige Spannung herbeibringen und solche auch später wieder darstellen kann. Die stehenden Schraubenbolzen sind aber für die Schiffe sehr nachtheilig, und indem die Muttern leicht gelöst und entwendet werden können, so ist der Bügel im Allgemeinen vorzuziehen. Da das Eisen welches der Witterung ausgesetzt ist, bald durch den Rost zu leide pflegt, so muss man dem Ankerbügel eine hinreichende Stärke nämlich von einem halben oder wenigstens von einem Drittel-Zoll geben: die Breite desselben beträgt $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zolle, und er muss so lang sein, dass er auf jeder Seite wenigstens auf $1\frac{1}{2}$ Fuß Länge den Ankerbalken berührt. Auf solche Art ist die Beschaffung der Bügel zwar etwas kostbar, doch lässt sich dies nicht vermeiden, wenn die ganze Verankerung nicht ihren Zweck verfehlen soll. Wenn man aber starkes Eisen anwendet, so ist

bei spätern Neubauten noch der grosse Vortheil, dass die Böhlen zum Theil unbeschädigt sind und sie sogleich wieder gebraucht werden können. Das Ausbringen der starken Bügel ist meistens schwierig, als sie sich genau an die Pfähle anschliessen müssen: sind die Pfähle regelmässig beschlagen, so lässt sich dies leichter erreichen, doch müssen die Kanten im Holze vorher gerunden sein, weil sich sonst in den scharfen Biegungen des Bügels schwache Stellen bilden würden. Wenn dagegen die Pfähle aus Rundholz bestehen, wobei häufig der Umfang des Querschnittes bedeutend von der Kreisform abweicht, so ist es am zweckmässigsten, dass man mit einer bleiernen Schiene, die man um den Pfahl und das vordere Ende des Ankerbalkens herumlegt, die Form des Bügels abnimmt und letzterer darnach geschmiedet wird. Man bestreicht den Bügel, bevor er noch erkaltet ist, mit Oel, wodurch er etwas gegen den Rost gesichert ist. Zur Befestigung des Bügels dienen Nägel und eiserne Klammern, dieselben müssen aber gehörig stark sein und mindestens die Länge von 6 Zoll haben. In Fig. 40 ist eine Klammer und die Art der Befestigung dargestellt. Zweckmässiger ist es indessen, an der Klammern an beiden Enden des Bügels einen Schraubenbolzen hindurchzuziehen. Die Befestigung des Bügels gegen den Bohlwerkspfahl ist nicht nur überflüssig, sondern sogar nachtheilig, indem dadurch eine Schwächung grade an der Stelle eintreten würde, wo ein Bruch immer am meisten zu besorgen ist. Was über die nöthige Stärke und Länge des Bügels gesagt ist, gilt auch von der Schiene, die mit dem in Fig. 37 dargestellten Schraubenbolzen verbunden ist.

Nachdem die Haupttheile eines Bohlwerkes beschrieben sind, es noch nöthig, von manchen seltener vorkommenden Eigenheiten zu sprechen, die in gewisser Beziehung zweckmässig erscheinen und die daher unter Umständen auch Nachahmung verdienen.

Belidor *) rühmt das Talent, welches der Director der Fortificationsarbeiten, Clement, für Anlagen dieser Art gehabt hat, und theilt die Beschreibung und Zeichnung eines Bohlwerkes mit, welches dem Plane desselben in Dünkirchen ausgeführt wurde:

*) *Architecture hydraulique* III. p. 231.

Fig. 41 *a* und *b* stellt den Bau im Profile und in der Ansicht von oben dar. In der letzten Figur ist indessen der Helm genommen gedacht, um die Anordnung der Anker um so deutlicher zu zeigen. Es findet hier eine doppelte Verankerung statt, welche bei sehr hohen Bohlwerken auch häufig gewählt wird, bei Reihen von Ankern werden aber von denselben durchgehende Ankerriegeln gehalten. Das Sacken der Ankerbalken ist nicht durch die gehörige Unterstützung derselben an beiden Enden verhindert, sondern sie ruhen ausserdem noch auf je zwei Zwischenpfählen. Der Ankerriegel ist gleichfalls gehörig befestigt, es zwar stehen die Ankerpfähle auch an seiner hintern Seite, so dass er nicht nur das Bohlwerk gegen den nach aussen gerichteten Seitendruck der Erde schützt, sondern auch gegen Stösse, welche etwa durch den Wellenschlag oder das starke Anfahren von Schiffen verursacht werden, und wodurch die Wand zurückgedrängt werden könnte. Die letzte Vorsicht ist in Seehäfen keineswegs überflüssig. Eine Spundwand fehlt dem Bohlwerke, dagegen sind aber auf der innern Seite der Pfähle Faschinen versenkt, welche das Durchfallen der Hinterfüllungserde gleichfalls verhindern. Hierdurch lassen sich zwar die Kosten sehr ansehnlich ermässigen, es ist dabei aber der Uebelstand ein, dass die Faschinen nach und nach stärker comprimirt werden und daher die Hinterfüllungserde von der ersten Zeit wenigstens stark zu sacken pflegt. Endlich noch auf die 6 Fuss starke Thonwand hinter dem Bohlwerke aufmerksam zu machen.

An Orten, wo die Holzpreise niedrig sind, pflegt man Bohlwerke, die keine grosse Höhe haben, nur aus übereinandergelegten Balken aufzuführen, welche ohne eigentliche Bohlwerkspfähle allein durch zahlreiche Anker gehalten werden. Diese Construction stimmt nahe überein mit den sogenannten Senkkasten, die man ebensowohl bei Seeufer- und Hafenbauten, wie auch als Regulierungswerke für Gebirgsflüsse anwendet. Fig. 42 *a* und *b* zeigt die Uferschälung an der bisherigen Mündung der Weichsel neben Neufahrwasser und Weichselmünde. Die Balken ruhen auf einer allenthalben sehr unregelmässig eingerammten Pfahlreihe, und der untere Gang ist hierauf verzapft und mit hölzernen Nägeln befestigt. Der Zwischenraum zwischen den Pfählen ist aber auf der innern Seite durch Faschinen ausgefüllt. Die einzelnen Balken liegen stamm-

einander und ebenso sind sie auch an ihren Enden zusammenge-
 losen: sie werden aber gegen einander durch eine grosse
 Menge von Spitzholzen befestigt, die etwa 20 Zoll lang und $\frac{1}{4}$ Zoll
 dick sind, und die jeden einzelnen Balken in Abständen von 6
 Fuss mit dem zunächst darunter liegenden verbinden. Ausser-
 dem wird die Wand durch eine grosse Menge von Erdankern
 gehalten, die mit ihren Köpfen schwalbenschwanzförmig zwischen
 den Balken greifen und hinten auf einen gemeinschaftlichen durch-
 laufenden Riegel aufgekämmt sind. Letzterer wird wieder durch
 Koppfahle gestützt. Die Anker liegen nach Maassgabe der Höhe
 der Wand in einer oder zwei, oder auch wohl in drei Reihen
 übereinander, und ihr Abstand in jeder Reihe beträgt 12 Fuss.
 Wenn ein solcher Bau einen Anlegeplatz für Schiffe bildet, so
 legt man noch in Abständen von 12 Fuss einzelne Koppfahle
 vor einzurammen, wodurch die Balkenwand vor dem unmittel-
 baren Aufstossen der Schiffe gesichert wird. Obgleich diese Con-
 struction sehr kostbar ist, so gewährt sie doch auch bei vor-
 kommenden Reparaturen den Vortheil, dass die Beschädigungen
 keineswegs auf die sämmtlichen Verbandstücke erstrecken,
 sondern es zeigen sich solche vorzugsweise nur an denjenigen
 Balken, welche etwa einen Fuss über dem gewöhnlichen Sommer-
 wasserstande liegen: es genügt daher, diese und vielleicht einige
 Anker durch neue zu ersetzen, während die übrigen Balken und
 Anker mehrmals wieder benutzt werden können: auch die eisernen
 Anker halten sich sehr lange, so dass sie entweder ganz unbe-
 schädigt sind, oder sie vor dem Wiedergebrauche nur gestreckt
 und mit einer Spitze versehen werden dürfen.

Die Koppfahle, von denen so eben die Rede war, bringt
 man zuweilen auch da an, wo das Bohlwerk schon mit einer voll-
 ständigen Pfahlreihe versehen ist: sie verdecken alsdann den Holm
 und die vor den Pfählen liegende Zange und gewähren jedenfalls
 den Schiffen während des Wellenschlages eine grössere Sicherheit,
 während sie andererseits auch das Bohlwerk vor solchen Beschädi-
 gungen schützen, welche beim Anlegen und Gegenstossen der
 Schiffe sich leicht ereignen. Dazu kommt noch der Nutzen,
 beim Eisgange haben, woher sie auch Eispfähle genannt
 werden. Wenn nämlich der Eisgang eintritt und grosse Schollen
 von Eis vorbeitreiben, so werden die Bohlwerkspfähle dadurch

stark beschädigt, das Eis wirkt wie eine Säge darauf und schneidet das Holz sehr regelmässig ein, so dass die am weitesten stehenden Pfähle auch am meisten leiden. In Pillau wurde dem Eisgange fast in jedem Jahre einzelne Pfähle ganz abgeschnitten, und die sämmtlichen Bohlwerkpfähle am sogenannten hohen Bohlwerke litten dadurch viel stärker, als durch die Fälschung. Eine Verkleidung der Pfähle mit eisernen Schienen, die versucht wurde, war für die Schiffe gar zu nachtheilig, es blieb demnach nur das Mittel übrig, vor dem Bohlwerke eine Reihe von Kopfpfählen einzurammen. Dieselben waren freilich der Störung durch das Eis ganz besonders ausgesetzt, sie liess sich indessen durch andere ersetzen, ohne dass man das Bohlwerk selbst aufzunehmen brauchte, und sonach war ihre Erneuerung weniger kostbar und schwierig, als die der eigentlichen Bohlwerkpfähle: auch hatte es keinen Nachtheil, wenn man krumme oder gewundene Stämme nahm.

Fig. 43 zeigt den Querschnitt eines Bohlwerkes, welches einer vollständigen Pfahlreihe und ausserdem noch mit Kopfpfählen versehen ist: es ist dieses ein Bohlwerk, das ich in Warnemünde sah, und damit stimmen ziemlich genau die sämmtlichen Bohlwerke in den Mecklenburgischen Häfen und in deren Nachbarschaft überein.

Um ein Beispiel von der Verbindung der Spundwände mit dem Bohlwerke zu geben, wähle ich diejenige Construction, die in dem Pillauer Hafen seit langer Zeit eingeführt ist, und wegen ihrer Einfachheit und Solidität wohl eine Erwähnung verdient, zugleich sollen bei dieser Gelegenheit noch manche Thatsachen in Betreff der Ausführung mitgetheilt werden. Das erwähnte Bohlwerk erhebt sich 6 bis 9 Fuss über den gewöhnlichen Wasserstand, und die beiden Hafenbassins, die es umgeben, haben eine Wassertiefe von 6 bis 14 Fuss, doch kommt die Tiefe nicht unmittelbar neben den Bohlwerken vor, sie wird nur erhalten, um die Tragfähigkeit neuer Schiffe zu sichern. Fig. 44 a und b auf Tafel XXVI. zeigt das Bohlwerk im Querschnitt und in der Ansicht von oben, und zwar bezieht sich die in der ersten Figur angedeutete Erdböschung auf den Fall, dass das Bohlwerk an einer Stelle ausgeführt werden soll, wo noch keines existirte, oder aber dass es etwa zur Darstellung einer regelmässigeren Fluchtlinie vor dem früheren herausgerückt

Der Anfang des Baues wird mit dem Einrammen der Spundwand gemacht: unter den hier angenommenen Umständen kann dieses nicht ohne besondere Rüstung geschehen, auf welche die Ramme gestellt wird. Gegen diese Rüstpfähle lassen sich auch die Zwingen entweder unmittelbar befestigen, oder sie bieten doch wenigstens Gelegenheit, dass man dieselben entweder absteifen oder anziehen und sonach genau einstellen kann. Die Spundwand besteht aus 6 Zoll starken und 20 Fuss langen Pfählen: über das Zurichten und Einrammen derselben ist nach dem, was früher (Theil I. §. 40) gesagt worden, nichts hinzuzusetzen, es muss aber angeführt werden, dass, wenn das Bohlwerk bei dem Umbau gegen die frühere Uferlinie zurückgezogen werden soll, alsdann nicht nur die Erde abgegraben und sämmtliches Holz des alten Baues entfernt werden muss, sondern es erleichtert sich die Arbeit des Einrammens der Spundwand auch sehr bedeutend, wenn man in der Richtung derselben einen etwa 5 Fuss tiefen Graben durch Ausbaggern darstellt.

Die Spundwand kann ohne Nachtheil bei einem Wasserstande, der um ein oder zwei Fuss den niedrigsten übertrifft, ausgeführt werden, sobald man aber den Bau fortsetzen und den Fachbaum auf die Spundwand aufbringen will, so darf dieses nur bei niedrigem Wasser geschehen. Doch auch in diesem Falle muss die Spundwand wenigstens 6 Zoll tief unter Wasser abgeschnitten werden, damit der Fachbaum fortwährend, wenn auch nicht in seiner ganzen Höhe, doch wenigstens grossentheils unter Wasser bleibt. Es ist klar, dass ein Anschneiden von Zapfen, die in den Fachbaum genau eingreifen, im vorliegenden Falle unterbleiben muss, und selbst die Darstellung einer ganz ebenen Oberfläche wäre nur mittelst einer Grundsäge möglich. Es kommt indessen hier auf eine grosse Sorgfalt weniger an, und da überhaupt nur in einer geringen Tiefe unter Wasser gearbeitet wird, so kann der Zimmermann mit der Queraxt genau genug diese Arbeit verrichten. Zuerst wird von einer Rüstung, und auf der andern Seite von einem Flosse aus die Spundwand mittelst einer Säge dicht über Wasser abgeschnitten, um das beschwerliche Abhauen nicht auf eine zu grosse Höhe vornehmen zu dürfen. Sodann stellt sich der Zimmermann auf die Spundwand und haut einen Pfahl nach dem andern bis zur vorgeschriebenen Tiefe ab, indem er

durch Aufsetzen des Zollstockes sich von der Regelmässigkeit der Arbeit überzeugt. In dieser Art lässt sich ohne grosse Scherheit, wenn das Wasser zufällig wachsen sollte, die Spundwand auch noch einen vollen Fuss unter dem Wasserspiegel abschneiden.

Demnächst kommt es darauf an, den Fachbaum aufzubauen. Derselbe muss aus einem recht festen und womöglich aus starken Balken bestehen: er hatte gewöhnlich eine Höhe und von 15 Zoll. Der Fachbaum muss sich ferner genau an die Spundwand anschliessen, damit letztere in ihm eine sichere Stütze gegen den Druck der Hinterfüllungserde findet: da die Spundwand aber, besonders bei unreinem und sehr festem Grunde, so regelmässig ausgeführt werden kann, dass die Ränder der obern Fläche grade Linien bilden, und vielmehr hierin keine Abweichungen von mehreren Zollen vorkommen, so muss die tretende Backe des Fachbaums, wogegen sich eben die Spundwand lehnt, diese Abweichungen gleichfalls darstellen. Aus diesem Grunde ist es nicht mehr möglich, den Fachbaum mit einer vollständigen Nuthe zu versehen, in welche die Spundwand in ihrer vollen Stärke eingreift, denn in diesem Falle würden die Backen an einer oder der andern Seite zu schwach ausfallen, und man muss sich vielmehr begnügen, nur eine Backe und zwar die äussere darzustellen, auf die es in der That auch allein ankommt. Selbige muss aber überall mindestens 6 Zoll breit werden, wogegen es nichts schadet, wenn der Fachbaum mit seiner innern Seite auch stellenweise mit der Spundwand hündig liegt.

Um die Abweichungen in der Richtung der Spundwand von der graden Linie auf den Fachbaum zu übertragen, schnürt man auf der Oberfläche der ersten, nachdem sie, wie erwähnt worden, dicht über dem Wasser abgesägt ist, die Mittellinie des Fachbaumes, oder eine andere damit parallele Linie ab, und indem man auf der Rüstung dicht darneben der Fachbaum, und zwar umgekehrt liegt, und die entsprechende Linie auf demselben gleichfalls abgeschnürt ist, so überträgt man von Fuss zu Fuss die Abstände der äussern Kante der Spundwand auf den letzteren und bezeichnet dadurch die innere Seite der Backe, an welche die Spundwand sich scharf anschliessen muss. Während nunmehr das Holz neben der Backe auf 6 Zoll Tiefe ausgearbeitet wird, so erfolgt gleichzeitig das erwähnte Abschneiden der Spundwand.

Man kann man den Fachbaum aufliegen, doch ist es nothwendig, dass man ihn aufnagelt, um ihn vorläufig zu halten: zu diesem Zwecke wird er im Abstände von 12 zu 12 Fuss mit einem durchbohrten Nagelloche versehen, und zwar muss dieses immer in die Mitte eines Spundpfahles treffen, was sich gleichzeitig beim Eintragen der äussern Fläche der Spundwand leicht bewirken lässt. Man bringt den Fachbaum zuerst ungefähr an seine Stelle, wo da er schon vom Wasser gehoben wird und er sonach nicht liegt, so legt man einige Rüstbohlen vom Ufer aus darüber, und schiebt ihn nun mit Schlägeln sowohl der Länge nach an den vorgehenden Fachbaum, als auch seitwärts an die Spundwand an, und setzt in die Bohrlöcher lange Nägel oder Spitzbohlen ein, die, wenn sie etwa 6 Zoll weit in die Spundpfähle ragen, den Fachbaum vorläufig hinreichend halten, selbst wenn ganz unter Wasser liegen sollte. Wenn dieses geschehen ist, kann man mit der Hinterfüllung vorgehen und bis zum Wasserpegel, oder auch wenig darüber die Erdschüttung darstellen. Man zieht dadurch nicht nur den Vortheil, dass man alle Rüstungen des ferneren Bau entbehrt, sondern die frisch angeschüttete Erde wird auch durch die Aufstellung der Utensilien und Materialien durch das Darübergehen der Arbeiter gleich stark comprimirt. Die Fachbäume werden nur stumpf an einander gestossen, doch ist es gut, sie durch eine von oben aufgenagelte Schiene zu binden.

Die vorstehende Beschreibung bezieht sich auf den Fall, dass der Wasserstand während der Zeit des Neubaus sehr niedrig ist: das kommt natürlich nicht immer vor, und da man unrecht thun würde, einen Bohlwerkbau abzubauen und das Eintreten eines kleinern Wasser längere Zeit hindurch zu erwarten, so bleibt uns anderes übrig, als bei der ersten Anlage einige Abänderungen vornehmen zu lassen, die bei der nächsten Reparatur oder bei Gelegenheit der Erneuerung der Bohlwerkpfähle erst beseitigt werden. Andererseits kann es aber auch vorkommen, dass die ganze Spundwand sich bis zu der beabsichtigten Tiefe nicht einrammen lässt, so man sonach in die Verlegenheit kommt, sie durchweg um mehrere Fuss abzuschneiden, während dieser Theil doch wenigstens halbe Dauer verspricht, wie die Bohlenwand, durch welche man ersetzen will. In beiden Fällen schneidet man die Spundwand

in der grössten Höhe, die sie erhalten kann, horizontal ab, befestigt daselbst mittelst Schraubenbolzen von der innern äussern Seite ein Paar Zangen dagegen. Diese Zangen verschieben die Stelle des Fachbaumes, wenn aber die Spundpfähle eine überflüssige Länge erhalten haben sollten, dass sie die für das ganze Bohlwerk bestimmte Höhe erreichen, so ist es nöthig, den Fachbaum darüber zu legen, damit das Hirnholz der Pfähle der Witterung ausgesetzt bleibt, man braucht alsdann aber eine Pfahlreihe davor mit keinem Holme zu versehen und die Pfähle nur gegen den Fachbaum zu bolzen. Hierher gehört auch der Fall, wenn wegen der geringen Wassertiefe keine Spundwand sondern nur eine Stülpwand (vergl. Theil I. Seite 632) angewandt wird: dieselbe ist nicht so stark, dass man einen Fachbaum darauf legen könnte, man schiebt also nur eine starke Bohle, oder ein Stück Halbholz an ihrer äussern Seite herab, welches den Seitendruck auf die Bohlwerkspfähle überträgt und worauf die Stülpwand ruht. Für alle diese Fälle muss aber noch bemerkt werden, dass man die Hinterfüllung mit Erde nicht viel über den gegenwärtigen Wasserstand heraufführen darf, bis die Spund- oder Stülpwand durch eine gehörig verbundene und verankerte Pfahlwand gestützt wird.

Für das Einrammen der Bohlwerkspfähle gewährt der Fachbaum eine grosse Erleichterung, denn nicht nur dass auf demselben die vordere Schwelle der Ramme sehr sicher aufsteht, sondern auch bequem verfahren werden kann, so dient er auch zugleich als Lehre beim Setzen und Rammen der Pfähle. Diese Pfähle stehen in dem vorliegenden Falle aus kiefernernen unbeschalteten Stämmen von 35 Fuss Länge, die mit dem Wipfelende nach unten gekehrt sind: sie werden in dem Abstände von 4 zu 4 Fuss eingerammt, doch muss gleich dafür gesorgt werden, dass die stärksten und besten Stücke an die Erdanker treffen. Es lässt sich nicht vermeiden, dass auch die Bohlwerkspfähle ausser der beabsichtigten Richtung zuweilen etwas abweichen, und besonders erfolgt dieses, wenn der Grund unrein oder sehr fest ist, auch wenn die Pfähle nicht ganz grade sind. Alsdann treten ihre Köpfe nicht in die Richtung des Holmes, und es kann sogar vor, dass sie nach der einen oder der andern Seite zu einem vollen Fusse ausweichen. Will man sich nicht

schliessen, die Pfähle in solchem Falle auszuziehen und zu versetzen, ob andere vielleicht besser die beabsichtigte Richtung annehmen, so lassen sie sich, da sie ungefähr auf 20 Fuss freistehen, noch merklich überbiegen, sobald der gehörige Zug angewandt wird. Wenn sie sich zu sehr nach dem Ufer hinneigen, so darf man nur einen Baum als Treiblade schräge dagegen stellen und sein oberes Ende durch starkes Aufschlagen herabtreiben, wodurch sie zurückgedrängt werden. Im entgegengesetzten Falle aber, wenn sie sich nach aussen gezogen haben, so pflegen die Zimmerleute den Pfahl mittelst eines Taus zurückzuwinden. Es wird nämlich ein starkes Tau um den Pfahl und zugleich um einen Schiffshalter oder einen sonstigen festen Gegenstand am Ufer geschlungen und zusammengeknüpft, so dass es eine lose Schlinge bildet, die beide umgiebt. Sodann steckt man ungefähr in der Mitte einen Knebel durch die Schlinge, den man wie den Arm einer horizontalen Haspel umdreht, wodurch sich beide Theile des Taus um einander winden, und indem dabei eine Verkürzung eintritt, so zieht man den Pfahl sehr kräftig gegen den festen Punkt hin. Ist auf solche Art der Pfahl weit genug herangezogen, so lehnt man den Knebel gegen den Boden, oder befestigt ihn auf andere Art, und nunmehr kann man die Zapfen abschnüren und anschneiden und den Holm aufbringen. Hierbei wird indessen das Tauwerk so stark beschädigt, dass dieses Verfahren sich immer als sehr kostbar herausstellt, und man darf es daher schon aus diesem Grunde nicht gestatten: andererseits ist aber auch schon früher erwähnt worden, dass solche Pfähle, die gewaltsam herübergebogen und alsdenn im Holme befestigt werden, immer eine starke Tendenz behalten, ihre frühere Stellung wieder einzunehmen, wodurch sie zum Bruche des Holmes leicht Veranlassung geben. Diese Rücksichten waren Veranlassung, dass das Richten der Pfähle gar nicht mehr gestattet wurde. Während des Rammens sorgte man dafür, dass sie möglichst in der gehörigen Flucht blieben, und wenn ein etwas gekrümmter Pfahl aus derselben stark auszuweichen drohte, so wurde er herausgenommen und durch einen geraden ersetzt, aber sobald der Holm aufgebracht werden sollte, wurden alle Pfähle in derjenigen Stellung verzapft, die sie gerade erhalten hatten. Nachdem die Pfähle in der Oberfläche des 6 Zoll hohen Zapfens abgeschnitten waren, wurde die Richtung

des Holmes darauf abgeschnürt. Es kam nie vor, dass sie nach der innern Seite so weit überstanden, dass die Verzäpfung Schwierigkeit gemacht hätte, denn dieses verhinderte schon der Fachbaum der Spundwand, dagegen traten sie zuweilen nach aussen sehr stark vor: alsdann konnten sie mit einem Blattzapfen am Holme vorbeigreifen und mittelst eiserner Bolzen daran gehörig befestigt werden. Fig. 44 c zeigt diese Anordnung.

Ueber die Befestigung und Zurichtung des Holmes ist nach dem, was bereits oben gesagt ist, nichts weiter zu erwähnen. Sobald die Pfähle aber auf solche Art unter einander verbunden waren, so kam es darauf an, sie auf der innern Seite zu behauen, damit die Bohlenwand in einer Ebene daran gelehnt und befestigt werden konnte. Hierbei zeigte sich nur in Rücksicht auf diejenigen Pfähle eine Schwierigkeit, welche zu weit nach aussen vortraten: sie wurden gleichfalls behauen, so dass sich wenigstens eine 9 Zoll breite Fläche daran bildete, da diese aber gegen die äussere Fläche der Bohlenwand mehr oder weniger zurücktrat, so wurde eine eichene Bohle so bearbeitet, dass sie die Ungleichheit genau aufhob, und alsdann als Futter darüber genagelt. Die letzterwähnte Figur zeigt dieses gleichfalls.

Nunmehr musste die Verankerung vorgenommen werden. Mit Rücksicht auf die oben erwähnten Bedingungen erhielten die Erdanker, die im Abstände von 12 Fuss angebracht wurden, ihre passendste Stelle unmittelbar auf dem Fachbaume der Spundwand, während sie mit den hinteren Enden auf der schon gehörig festgelagerten Erde ruhten, welche bei dem Bau nicht frisch angeschüttet war. Man grub in der letzten so weit herab, als man wegen des Wasserstandes kommen konnte, und verlegte darauf den 6 Fuss langen Ankerriegel, der nicht eingeschnitten, sondern nur scharf behauen war, damit er überall kerniges Holz zeigte. Der Ankerbalken war dagegen, wie Fig. 44 d zeigt, 5 Zoll tief eingeschnitten, damit er den Riegel gehörig fassen konnte. Ein starker Spitzholzen, der unten mit Widerhaken versehen war, stellte zwischen beiden eine recht innige Verbindung dar, doch musste, bevor das Anker verlegt wurde, noch dafür gesorgt werden, dass der Zug, der am verankerten Bohlwerkspfahle dargestellt werden sollte, auch auf den Fachbaum der Spundwand wirken konnte.

man daher dieser Pfahl sich nicht scharf dagegen lehnte, so wurde ein eichener Keil dazwischen getrieben. Ueber die Anordnung und Befestigung des eisernen Ankerbügels ist nur noch zu erwähnen, dass dasselbe nicht in der Mitte, sondern möglichst nahe an der untern Seite des Ankerbalkens angebracht wurde: dies geschah zum Theil, um die Nägel und Klammern da zu festigen, wo das Holz immer recht nass blieb, andertheils und hauptsächlich aber, um den Balken, wie Fig. 44 d zeigt, oben noch zu durchbohren zu können, damit die untern Gänge der Bohlenwand durch die Anker wenigstens nicht ganz unterbrochen werden. Man auf solche Art die Anker vollständig verlegt und verbunden waren, so erfolgte das Einrammen der Ankerpfähle: dieses waren ebenfalls unbeschlagene Kiefernpfähle von 12 Fuss Länge, sie waren jedoch an der Seite, wo sie sich gegen die Riegel lehnten, etwas geebnet, und indem man sie scharf dagegen stellte, so machten sie, indem sie eindrangen, gemeinhin schon die erforderliche Spannung in der ganzen Verankerung hervor: war dieses aber nicht der Fall, so wurden breite Keile von Eichenholz noch zwischen die Ankerpfähle und die Riegel eingetrieben, wie Fig. 44 e und f zeigt. Dadurch wurde verhindert, dass nicht etwa während der Hinterfüllung des Bohlwerkes dasselbe gleich etwas vorgeedrängt werden konnte.

Da die untern Gänge der Bohlenwand gewöhnlich am ersten nachhaft werden, und ihre Wiederherstellung wegen des tiefen Abgrabens der Erde sehr schwierig ist, so wählte ich dazu Halbböhlen von 6 Zoll Stärke, und nur oben wurden 4zöllige und sogar 3zöllige kieferne Bohlen benutzt. Die Fugen liess ich stets mit gespaltenen schlechten Dielen benageln, und ausserdem mussten die Fugen neben den Ankern und über dem Fachbaume durch gepasste Leisten gehörig gedichtet werden. Auch ist zu erinnern, dass der Kopf der Anker, soweit dieses wegen der Bügel möglich war, schwalbenschwanzförmig zugeschnitten wurde, damit die untere stark ausgeschuittene Bohle hier noch eine sichere Abstützung behielt.

Wenn man zu denjenigen Bohlwerkspfählen, die auf die Anker aufsteigen, etwas stärkere Stämme aussucht, so ist es möglich, diese einmal mit Blattzapfen vor dem Holme vorbeigreifen zu lassen, so man beseitigt dadurch vollständig die Gefahr von einem Ab-

heben der Holme. Sonst muss man aber durch übergelegte starke eiserne Bügel die Holme sichern, und diese Bügel dienen alsdann auch zugleich, die obern Gänge der Bohlenwand zu halten. Die letzte Rücksicht ist nicht unwichtig, denn man kann es nicht immer vermeiden, dass die Hinterfüllungserde sich etwas senkt, und alsdann sind die obern Bohlen, wenn sie nur auf gewöhnliche Art befestigt wurden, leicht loszureissen; will man sie daher vor einer Entwendung sichern, so müssen sie noch besonders befestigt werden, und dazu dienen eben die Bügel, die bis zum zweiten oder dritten Gange herabreichen. Die Hinterfüllung des Bohlwerkes mit Erde geschieht in der Art, wie oben erwähnt worden, und nachdem der Holm gehörig ausgetrocknet ist, wird derselbe getheert.

In Betreff der Verankerung der Bohlwerkspfähle ist noch zu bemerken, dass dieselbe zuweilen auch in entgegengesetztem Sinne wirken muss. Wenn nämlich Seeschiffe gegen das Bohlwerk gelegt werden, so lässt es sich nicht vermeiden, dass solche in einzelnen Fällen mit Heftigkeit anstossen, und besonders geschieht dieses häufig beim Einsegeln der Schiffe, wenn ihre Geschwindigkeit nicht in dem Maasse vermindert werden kann, dass die Berührung ganz leise erfolgt. Für das Schiff, welches eine feste Verbindung in seinen Theilen hat, pflegt ein solches Aufstossen ohne allen Nachtheil zu sein: bei dem Bohlwerke dagegen werden alsdann die Pfähle zugleich mit der Verkleidung und den Erdankern zurückgedrängt, und wenn dabei auch kein Bruch erfolgt, so wird doch die Hinterfüllungserde stark aufgelockert und beim nächsten Wellenschlage um so leichter vom durchdringenden Wasser fortgespült. Diesem Uebelstande lässt sich sehr sicher begegnen, wenn man nach Fig. 45 an jedem Erdanker noch einen dritten Pfahl und zwar vor dem Kopfe desselben anbringt, der gleichfalls durch einen angetriebenen Keil in gehöriger Spannung gegen den Ankerbalken gesetzt wird. In Holland ist diese Methode nicht ungewöhnlich, auch in Pillau wurde sie vor dem hohen Bohlwerke vielfach in Anwendung gebracht, weil grade hier das Gegenstossen der Schiffe besonders häufig vorkam.

Die hölzernen Ufereinfassungen haben zuweilen nicht mehr den Zweck, die Hinterfüllungserde zurückzuhalten, und dienen alsdann nur zum bequemen Anlegen der Schiffe. In diesem Falle

Den sie nicht eigentliche Bohlwerke, sondern Ladebrücken. Auf der Flössschiffahrt werden sie selten ausgeführt, da die natürlichen Uferschattungen ihre Stelle vertreten, und gemeinhin die Böschung des Ufers hinreichend steil, dass die Flössschiffe in geringer Eintauchung so nahe gelegt werden können, dass selbst einer leichten Ueberbrückung aus Bohlen die Verbindung anstellen ist und auf diese Art das Ein- und Ausladen erfolgen kann. Anders verhält es sich aber mit den Seeschiffen, deren tiefer Tiefgang eine solche Annäherung nicht gestattet: das Laden und Lossen derselben erfolgt daher, wenn es überhaupt an Lande und nicht etwa durch Lichterfahrzeuge geschieht, von Ladebrücken aus, die in der Höhe der Uferstrasse weit herausgeführt sind, dass das Schiff unmittelbar davor liegen kann. Die gewöhnliche Construction derselben stimmt mit der der Bohlwerke sehr genau überein, wenn man den untern Theil letztern vom obern getrennt denkt. Jener bildet die äussere Umfassung des Ufers und trägt eine aufgesetzte Wand, auf welcher die Ladebrücke aufliegt. Auf der Landseite ruht sie aber auf dem eigentlichen Bohlwerke, welches mit Erde hinterfüllt ist, doch zu keiner grössern Tiefe, als bis unter Wasser herabreichen darf. Ausserdem pflegt man noch Kopfpfähle vor die Ladebrücken zu stellen, damit das unmittelbare Gegenstossen der Schiffe und auch mehr das Aufheben verhindert wird.

Die beschriebene Anordnung findet jedoch nur in dem Falle Anwendung, wenn der Wasserspiegel ziemlich unverändert bleibt: wenn derselbe aber durch den Einfluss der Ebbe und Fluth in kurzen Zwischenzeiten stark wechselt, so hat gewöhnlich der Strom in der Nähe des Ufers oder der Vorhafen bei niedrigem Wasser eine so geringe Tiefe, dass alsdann die Schiffe daselbst überhaupt nicht liegen können; es beschränkt sich daher die Benutzung der Ladebrücken auf die Zeit des Hochwassers. Dieser Umstand macht den Grundbau heinahe ganz entbehrlich: man kann das Ufer bis zum niedrigen Wasser abböschern, und braucht darauf nur einen Ueberbau zu stellen, der bis über das hohe Wasser aufreicht, an welchem die Schiffe während dieser Zeit bequem laden können. Als Beispiel einer solchen Construction ist in Fig. 46 die Ladebrücke dargestellt, welche bei Grangemouth ohnweit der Mündung des Clyde-Kanals an den Ufern des Meer-

husens Frith of Forth erbaut ist *). Das Ufer ist mit einviertelfacher Anlage abgebocht: in der Entfernung von einander sind je zwei Schwellen darüber gestreckt und denselben sind verstreute Holzverbindungen ähnlich den Jochen gestellt. Diese sind noch durch je drei Kreuzwege gegenseitig verstrebt, und sie tragen mittelst leichter Sprengwerke die Brückenbalken, auf welchen der Belag mit dem Schiffe ruht. Damit die Schiffe aber nicht etwa unter einzelnen stücke hinuntergreifen und dieselben abreißen oder den Bau heben können, so findet an der vordern Fläche eine gitterförmige Verkleidung statt, und zwar wird dieselbe durch verticalstehende starke Bohlen gebildet. Die Anordnung ergeben sich aus der Zeichnung. Fig. 46 a den Bau von der Stromseite und zwar in der zweiten Hälfte die erwähnte Verkleidung; Fig. 46 b den Querschnitt vor einem Joche, Fig. 46 c den Querschnitt in der Mitte zwischen zwei Jochen und Fig. 46 d die Ansichten von oben in der Sprengwerke, der Brückenbalken und des Belags.

Ausser den bisher beschriebenen massiven und eisernen Uferschälungen kommen auch noch eiserne vor, welche bereits früher **) erwähnt worden. Von häufiger Anwendung sind dieselben keineswegs, und soviel bekannt geworden, sind Beispiele davon nur in England vor, wo der verhältnissmässig sehr hohe Preis des Holzes einen Ersatz desselben im Eisen suchen liess. Fig. 47 a, b und c zeigt das eiserne Schälwerk welches in den Jahren 1833 bis 1834 von Walker in der Ostindischen Docks bei Blackwall erbaut wurde. Eine Reihe von hölzernen Pfählen mit davor gebolzten Zapfen bilden die Lehre, gegen welche die gusseisernen Bohlwerkpfähle gerammt wurden. Die Bohlwerkpfähle stehen in Abständen von $7\frac{1}{2}$ Fuss von einander und haben den Querschnitt früher auf Taf. XVIII. Fig. 218 mitgetheilt und mit B bezeichnet ist. Zwischen je zweien derselben befinden sich fünf S

*) *Second series of the railway practice*, by S. London 1841. p. 102 ff.

**) Theil I. dieses Handbuchs §. 40.

***) *Transactions of the Institution of civil Engineers*

der Querschnitt ebendasselbst angegeben ist. In den Kopf der Bohlwerkpfähle greift mittelst eines Zapfens eine Verlängerung ein, wodurch sie bis zur Uferhöhe fortgesetzt werden. Von eisernen Zuganker führen von jedem Bohlwerkpfähle nach hinten eingerammten hölzernen Ankerpfähle und sind hier mit Schraubenmuttern befestigt. Der Zwischenraum zwischen je zwei Bohlwerkpfählen über der Spundwand ist durch gusseiserne Platten geschlossen, welche, wie Fig. 47 c zeigt, auch über die Spundwand übergreifen und sich zugleich gegenseitig durch vorstehende Ränder überdecken. Die obern Platten sind hin und her mit grossen Ringen zum Befestigen der Schiffe versehen.

Die Ringe werden indess durch besondere Zuganker gehalten, wo sie vorkommen ist die betreffende Platte in ihrer vordern Seite nicht eben, sondern vertieft gegossen, damit die Ringe auf der Fläche des Bohlwerkes nicht vortreten. Endlich ist hierbei zu erwähnen, dass der Raum zunächst hinter dem Bohlwerke mit Wasser ausgegossen ist, wodurch sich eigentlich eine massive Uferung bildet, für welche die erwähnte Eisen-Construction nur äussere Verkleidung anzusehn ist. Auf dem Béton sind die Platten und die Steine mit den Wasserrinnen versetzt.

Sehr genau dieselbe Construction ist einige Jahre später bei Werftmaner zu Deptford angewendet: die grössere Länge der Anker machte es indessen hier nothwendig, sie aus zwei Theilen zusammenzusetzen, und es verdient dabei Erwähnung, dass ein Ring über das umgebogene Ende der Stangen übergezogen ist, um ein Zurückweichen derselben zu verhindern. Fig. 48 a zeigt diese Anordnung. In derselben Figur Litt. b ist noch ein anderer Durchschnitt des Bohlwerkes in seinem obern Theile zu sehen, woraus sich die Anbringung der Verstärkungsrippen auf den Platten und zugleich die Befestigung der Zuganker in den Bohlwerkpfählen ergiebt.

Die Bohlwerke werden gemeinhin nur vor solchen Ufern errichtet, wo entweder das Anlegen der Schiffe, oder der hohe Werth des Bodens die Darstellung flacher Böschungen verbietet: sie finden vorzugsweise Anwendung innerhalb der Städte oder an anderen Punkten, die für den Handel besonders wichtig sind. Wenn die Holzpreise sehr niedrig ausfallen, wie dieses namentlich in obigen Gegenden der Fall zu sein pflegt, so geschieht es wohl, dass man.

dass man auf lange Strecken die Ufer mit einer Art von Bohlwerken einfasst, um sie dem Angriffe des Stromes zu entziehen. Man darf indessen nicht erwarten, den Ufern dadurch einen besonders kräftigen Schutz zu geben, denn wenn die Constr. an sich auch fester ist, als die der gewöhnlichen Uferdeckungen, so tritt dagegen vor der sehr steilen und oft ganz senkrechten Wand eine besonders heftige Strömung ein, die wieder auf Vergrösserung der Tiefe und dadurch auf die Zerstörung des Baues hinwirkt. Weit regelmässiger bilden sich die Profile des Stromes von flach geneigten Uferdeckungen aus: diese verdienen daher im Allgemeinen den Vorzug. Ist man aber durch die oben angeführten Umstände zur Anlage eines Bohlwerkes gezwungen, so muss man sich, wenn dasselbe vom Strome getroffen wird, auf die Zunahme der Tiefe gefasst machen, und daher sowohl die Bohlwerkspfähle, wie auch die Spundwand gehörig tief rammen.



Siebenter Abschnitt.

l g e m e i n e E i g e n s c h a f t e n d e r S t r ö m e.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

ASTOR LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS
455 FIFTH AVENUE, NEW YORK, N. Y.

§. 55.

Das Strombett.

Es ist schon früher erwähnt worden, dass die Flüsse und Bäche nicht die ganze Wassermenge abführen, welche in ihrem Gebiete als atmosphärischer Niederschlag herabfällt, indem ein Theil des Regenwassers nicht zu den Flussbetten gelangt, sondern schon früher verdunstet, ehe er dieselben erreicht. Die an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen über die Quantität des Niederschlages und der Verdunstung, verbunden mit den Messungen der Wassermenge in den Flüssen, bestätigen und erklären (gleich diese Erscheinung *).

Der Regen oder Schnee trifft im Allgemeinen die ganze Erdoberfläche, und wenn auch keine gleichmässige Vertheilung desselben stattfindet, so sind die höher liegenden Gegenden und die Berge doch keineswegs davon ausgeschlossen, sondern sie werden im Gegentheil sogar vorzugsweise getroffen. Das Wasser ist im allgemeinen Gesetze der Schwere unterworfen, es kann sich aber auf einer geneigten Oberfläche nicht halten, sondern fliesst ab. Seine grosse Beweglichkeit, verbunden mit der Eigenschaft, sehr feine Zwischenräume zu durchdringen, befördert diese Bewegung. Es folgt dem stärksten Abhange oder im Allgemeinen dem kürzesten Wege, der die mindesten Hindernisse entgegenstellt. Über einem undurchdringlichen Boden, oder einem solchen, der schon mit Wasser gesättigt ist, fliesst es sichtbar fort; in durchlässigen Erdschichten dagegen, deren Zwischenräume noch nicht gefüllt sind, und ebenso auch in klüftiges Gestein, zieht es sich hinein, und setzt auch in diesem Falle langsam seine Bewegung weiter fort, bis es das Grundwasser, oder solche Schichten

* Vergleichs Theil I. §. 6 dieses Handbuches.

134 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

antrifft, die schon mit Wasser angefüllt sind. Hier würde es zur Ruhe kommen und sich immer mehr ansammeln, wenn nicht die grössere Höhe, zu welcher es ansteigt, den Druck vermehrte und dadurch Veranlassung gäbe, dass Seitenabflüsse nach dem Fosse der Anhöhe oder in die tiefer liegenden Thäler sich bildeten. In den letzten vereinigt sich dieses Wasser wieder mit demjenigen, welches auf der Oberfläche herabfloss und beide speisen gemeinschaftlich denselben Wasserlauf.

Derjenige Theil des Regenwassers, der entweder keinen Abfluss fand, oder vermöge der Capillar-Attraction in der durchdringlichen Oberfläche zurückgehalten wird, verdunstet, sobald die Trockenheit oder eine höhere Temperatur die Luft zur Aufnahme desselben empfänglich macht. In gleicher Weise gehen auch an der Oberfläche des bewegten Wassers, soweit dieselbe mit trockner Luft in Berührung kommt, fortwährend Theilchen in dieselbe über.

Dasjenige Wasser dagegen, welches die Bäche und Flüsse bildet, bewegt sich immer nach den tiefern Stellen der Erdoberfläche hin, und von diesen fliesst es zu den noch tieferen heran, wenn solche in der Nähe vorhanden und ihm zugänglich sind. Kommt es aber in einen, rings mit Anhöhen umschlossenen Kessel, der zunächst keinen Ausweg bietet, so sammelt es sich in diesem an, und wenn nicht etwa die Verdunstung oder auch wohl die Filtration so stark ist, dass die ganze zufließende Wassermenge dadurch absorbiert wird, so steigt es in dem Kessel oder Landsee immer höher, bis es zuletzt an einer Stelle, wo der umgebende Rand am niedrigsten ist, überfließt und von Neuem dem Abhange des Bodens folgt. Dieser Lauf muss aber augenscheinlich ein Ende nehmen, sobald die allerniedrigste Stelle auf der Erdoberfläche erreicht ist. Das Wasser sammelt sich auch hier an, und gelangt zur Ruhe, indem ein ferneres Abfließen nicht mehr denkbar ist. Auf solche Art bildete sich der Ocean und derselbe müsste durch den Zufluss der Ströme sich noch fortwährend ausdehnen, wenn nicht die ganze Wassermenge, welche zugeführt wird, wieder verdunstete und dadurch zu den Anhöhen und dem festen Lande wieder zurückkehrte. Bei der weiten Ausdehnung des Oceans, der ungefähr drei Vierteltheile der Erdoberfläche bedeckt, verschwindet der Einfluss, den temporäre Unregelmässigkeiten der meteorologischen und namentlich der Temperatur-Ver-

Verhältnisse auf die Verdunstung und den Niederschlag in einzelnen Zonen periodisch haben können. Der unverändert gleiche Stand des Weltmeeres, den die Beobachtungen zeigen, wenn man die partiellen, theils zufälligen und theils regelmässig wiederkehrenden Schwankungen unbeachtet lässt, beweist, dass die Menge des in der Luft schwebenden und des nach dem festen Lande zurückfliessenden Wassers sich nie merklich ändert, obgleich immer andere Wassertheilchen in diesen mächtigen Kreislauf gezogen werden, dem die Erde ihren Pflanzenwuchs und ihre Bewohnbarkeit verdankt.

Diese unveränderte Höhe des Wasserstandes im Weltmeere bedingt gewissermassen auch eine constante Höhe des Wasserspiegels der mit demselben verbundenen Ströme und Landseen, oder wirkt wenigstens dahin, das Niveau derselben zu reguliren, falls es in Folge reicher oder spärlicher Zuflüsse periodisch steigt oder fällt. Der Abfluss aus den Landseen nach dem Oceane erhält ein stärkeres Gefälle, wenn die ersteren anschwellen; dadurch vergrössert sich die Geschwindigkeit und zum Theil auch der Querschnitt des Stromes, der die Verbindung darstellt; beide Umstände befördern den Abfluss und so wird das zufällige Anschwellen des Landsees selbst Veranlassung, dass derselbe bald auf seinen normalen Stand zurückkehrt. Ganz gleiche Verhältnisse, nur im entgegengesetzten Sinne treten bei einem zufälligen ungewöhnlichen Senken des Wasserspiegels ein. In beiden Fällen regulirt also die immer gleiche Höhe des Oceans den Wasserstand in den Landseen und zugleich in den dazwischen liegenden Flussbrecken; nichts desto weniger bleiben hierbei gewisse periodische Erhebungen und Senkungen des Wasserspiegels, welche zuweilen im Laufe des ganzen Jahres sich nicht ausgleichen, sondern längere Zeiträume umfassen.

Wenn die Landseen mit dem Weltmeere in keiner Verbindung stehen, und ein Ueberströmen des Wassers dadurch verhindert wird, dass die Verdunstung in der Oberfläche der Seen schon vollständig die Zuflüsse absorhirt, wie dieses in heissen Climates häufig ist und zuweilen auch wirklich vorkommt, alsdann verschwindet jene Ausgleichung des Wasserstandes. Eine Reihe von besonders trocknen Jahren senkt den Wasserspiegel stark, und er hebt sich wieder zu einer grossen Höhe, wenn die Zuflüsse

136 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

lange Zeit hindurch besonders reichlich waren. Solche periodischen Schwankungen, welche Decennien und noch grössere Zeiträume umfassen, charakterisiren demnach diese abgeschlossenen Landseen. Da gar keine Beziehung zwischen ihnen und Océane stattfindet, so fehlt bei ihnen jede Normirung der Höhe des Wasserspiegels: und ein solcher See kann eben so gut über dem Niveau des Océans, als unter demselben liegen.

Um hierüber ein Beispiel anzuführen, erwähne ich das Caspische Meeres. Dasselbe bildet einen solchen abgeschlossenen Landsee; die Wolga, welche grösser ist, als irgend ein Strom in Europa, ergiesst sich nebst vielen andern mächtigen Zuflüssen in dasselbe, aber dennoch verdunstet diese ganze zugeführte Wassermasse in der weiten Oberfläche des Sees, die gegen 7000 Quadratmeilen umfasst. Die vorwaltende Nässe oder Dürre mehrerer einander folgenden Jahre im Gebiete der Zuflüsse bedingt die Höhe des Wasserspiegels, ohne dass ein normaler Stand dafür angegeben lässt. Nach den Untersuchungen von Lesseur stand der See im Jahre 1830 etwa um 10 Fuss niedriger, als 30 Jahre früher, und im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts scheint er noch viel niedriger gewesen, aber in kurzer Zeit um 40 Fuss gestiegen zu sein. Dieses ergibt sich daraus, dass man bei ruhiger Witterung Ruinen von Gebäuden bemerkt, die jetzt tief unter Wasser stehen. Die Niveaudifferenz zwischen dem Caspischen Meere und dem Azowschen oder dem Schwarzen Meere hat man sehr verschieden angegeben, und dieser Unterschied ist etwa nur in Folge der Verschiedenheit im Stande des Meeres, sondern hauptsächlich wegen Ungenauigkeit der vorgenommenen Messungen. Parrot fand, dass das Caspische Meer etwa 10 Meter unter dem Wasserspiegel des Azowschen Meeres liegt, erregte er selbst später Zweifel gegen die Richtigkeit dieser Angabe. Die neuen Messungen von Fuss, Sawitsch und Pallas ergeben nur eine Differenz von 24,5 Meter oder 78 Fuss Parisisch, und zwar wieder in dem Sinne, dass der Spiegel des Caspischen Meeres unter dem des Mittelländischen liegt.

In noch grösserer Tiefe fliesst der Jordan in Syrien in den Spiegel des Tiberias-Sees, den er bildet liegt auch Russland.

*) Poggendorffs Annalen Band 26, Seite 353 ff.

33 Meter oder 647 Fuss unter dem Mittelländischen Meere und des Todten Meeres nach Symond sogar 1360 Fuss oder nach Passenger 1366 Fuss Preussisch, gleichfalls unter dem Mittelländischen Meere.

Nach dem, was über die Bildung der Ströme gesagt ist, kann leicht geschehen, dass das Wasser bei Verfolgung der Abhänge des Bodens, nach zwei verschiedenen Seiten zugleich abfließt; daraus entsteht eine Spaltung des Stromes. Im Allgemeinen ist es freilich zu erwarten, dass in solchem Falle die beiden Wasserläufe sich nicht ganz gleichmässig ausbilden, dass vielmehr der eine Arm leichter angegriffen werden wird, als der andere, und da der stärkere Angriff eine Vergrösserung des Stromes und sonach einen stärkeren Wasserzudrang bedingt, wodurch wieder die Wirksamkeit dieses Armes vermehrt wird; so kann man wohl annehmen, dass wenn solche Spaltungen auch ursprünglich bestanden, dieselben nach und nach beseitigt sind, indem der eine Arm sich vergrösserte, während der andere unbedeutender würde, und endlich ganz aufhörte. Nichts desto weniger sind Verhältnisse dieser Art doch nicht ohne Beispiel, und man findet nicht nur in den Mündungen der Ströme, wo dieses sich häufig wiederholt, sondern auch im Binnenlande und es kommt sogar vor, dass mächtige Stromgebiete auf diese Weise schon durch die Natur mit einander in Verbindung gesetzt sind. So verbindet der Casiquiare den Orinoco mit dem Rio Negro, einem Nebenarme des Amazonen-Stromes. Es tritt durch diesen mächtigen Nebenarm beider Ströme das Wasser aus dem Orinoco in den Rio Negro, und zwar ist die Verbindung so grossartig von der Natur dargestellt, dass die Binnenschifffahrt auf diesem Wege ohne Hinderniss betrieben wird. Aehnliche Beispiele, wenn freilich auf einem kleineren Maassstabe, wiederholen sich mehrfach. Hierher gehört unter andern die bereits erwähnte Verbindung des Arno mit der Tiber durch das Chianna-Thal *). Ich will indessen ein Beispiel noch specieller erwähnen, welches ich durch eigene Messungen näher kennen gelernt habe. Die Masurischen Seen im südlichen Theile des Gumbinner Regierungsbezirkes, entwässern theils nach Norden in den Pregel und theils nach Süden

*. Band I. S. 29.

138 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

in die Weichsel. In der Kette der grösseren Seen liegt Leventin-See am höchsten, und derselbe ergiesst sich theils in den Mauer-See, der entschieden dem Flussgebiete des Pregel angehört, und theils durch mehrere kleinere Seen, nämlich Gurkel-, Schimon-, Kott-, Taltowischko- und Rhein-See an dem Städtchen Nikolaiken in den Spirding-See. Letzterer empfängt den sehr bedeutenden Pissek-Fluss, welcher in den Narew, einen Nebenfluss der Weichsel, fliesst. Durch blosser Aufstümpfung einzelner flachen Stellen und ohne Anlage von Schiffsschleussen sind diese Seen in schiffbare Verbindung mit einander gesetzt worden, es wäre nur nöthig, die Mühle bei Angerberg zu beseitigen, welche den Mauer-See aufstaut, wenn man die kräftigen Zuflüsse aller dieser Seen, und namentlich die des Spirding-Sees zum Pregel wieder zuweisen wollte, dem sie wahrscheinlich vor der Anlage jener Mühle angehörten. Der Mauer-See stand im Herbst 1824 sehr genau eben so hoch, wie der Spirding-See und Leventin-See lag nur um 10 Zoll höher. Diese Niveauhöhe vergrössert sich nach den Pregelbeobachtungen in seltenen Fällen auf etwa 2 Fuss, sie bleibt aber immer so unbedeutend, dass sie sich leicht beseitigen liesse. Auf der westlichen Seite, den gewöhnlichen Schiffahrtskanälen gegenüber, besteht durch den Ruck und grossen Wonsz-See ohnfern Arys in den Entwässerungskanälen der Sümpfe bei Drosdowen noch eine zweite Verbindung des Leventin-Sees mit dem Spirding-See, und es ist eine merkwürdige fallende Erscheinung, wenn man hier sieht, wie derselbe Gräben an einer Stelle stehendes Wasser enthält, und in gar nicht grossen Entfernungen zu beiden Seiten nach verschiedenen Richtungen fliesst, und zwar so, dass sein Wasser den Stromgebieten des Pregels und der Weichsel zugeführt wird.

Auch die Verbindung der Ems mit der Lippe muss hier erwähnt werden, welche zur Zeit des Hochwassers sich darstellt, die Fluthen aus dem ersten Strome ergiessen sich nämlich auf die niedrige Ebene am Fusse des Teutoburger Waldes ohne die Lippe in die Lippe; dieses Verhältniss ist indessen durch manche künstliche Anlagen, wenn auch nicht herbeigeführt, sehr befördert worden.

Bei Gelegenheit des Zusammenhanges verschiedener Stromgebiete unter sich ist noch zu bemerken, dass ein solcher,

er ursprünglich nicht vorhanden war, sich mit der Zeit bilden kann. Die Veranlassung dazu kann in der zunehmenden Verwilderung und Erhöhung des Strombettes liegen, wodurch der Wasserspiegel in der oberhalb belegenen Strecke so gehoben wird, dass er über die umgebenden Anhöhen, welche ihn sonst umfloss, übertritt. Es ist mir nicht bekannt geworden, dass in welcher Fall sich wirklich ereignet hat, aber wohl war man etwa 20 Jahren in der Schweiz sehr besorgt, dass in dieser Gegend der Rhein seinen Lauf verändern möchte. Die zunehmende Verwilderung und Erhöhung des Rheins im Kreise Vorarlberg bei seinem Eintritte in den Bodensee erweckte die Besorgniss, dass derselbe durch das Thal bei Sargans in die Senz treten, durch den Wallenstädter See, die Linth, den Züricher See, den Bodensee und Aare einen neuen Abfluss finden könnte. Ein solches Ereigniss wäre ohne Zweifel für die nächsten Umgehungen der benannten Flüsse und Seen und für die in den Thälern wohnenden Städte höchst verderblich, da ein starkes Anschwellen dieser Gewässer dabei mit Sicherheit zu erwarten stand. Es wurden Verhandlungen mit der Oesterreichischen Regierung gepflogen worden sein, wodurch dieselbe veranlasst werden sollte, die weitere Erhöhung des Rheinbettes vorzubeugen. Man begnügte sich indessen erst, als genauere Messungen ergaben, dass der Rhein noch etwa 80 Fuss über seinen bisherigen höchsten Stand steigen könne, bevor ein Abfluss nach der Senz möglich würde.

Die vorstehend erwähnten Erscheinungen bezogen sich auf die Ableitung des Wassers durch die Stromläufe; sie erklären es, wie die Flüsse, die Landseen und der Ocean sich bilden und welche Eigenthümlichkeiten annehmen mussten, welche wir daran wahrnehmen. Die Voraussetzung, dass die Erdoberfläche in früherer Zeit wasserfrei gewesen sei, ist nur zur Erleichterung des Verständnisses angedeutet worden; die Einführung derselben war aber keineswegs nothwendig, denn man bemerkt leicht, dass die Veränderungen, welche hierbei erleichtert werden sollten, sich sehr genau in der That herausstellen, wenn man auch das Gegentheil annimmt, dass nämlich der Erdball früher ganz mit Wasser bedeckt war, und der Ocean im Laufe der Zeit in engere Grenzen eingekerkert. Andere Eigenthümlichkeiten der Flüsse und deren

Umgebungen lassen sich aber aus der Betrachtung der ursprünglichen Höhenlage und der Neigungsverhältnisse der Erdoberfläche allein nicht erklären: namentlich gehört hierher die Ausbildung der Flussthäler und Flussbetten, wie sich solche über und selbst in den Fällen, wo die Kunst noch gar nicht aufgewirkt hat, darstellen. Ihre Entstehung, verbunden mit einer fast allgemeinen Umgestaltung der Erdoberfläche, die sich nie immer weiter ausbildet, ist allein die Folge der mechanischen und vielleicht auch der chemischen Kräfte des Wassers. Sie zerstört, wenn auch langsam, doch unwiderstehlich jede feste Oberfläche, und ein Ende dieser Wirksamkeit ist nur denkbar, wenn der ganze Erdball planirt sein wird, und die Stoffe sich nach ihren spezifischen Gewichte regelmässig übereinander geschichtet haben.

In jeder Gebirgsart und selbst in den festesten Felsen, welche das Wasser dauernd trifft, zeigen sich dessen Wirkungen: es greift durch seine chemische Verwandtschaft viele Bestandtheile der Gebirgsarten an, und führt auf diese Weise bei seiner ununterbrochenen Wirksamkeit endlich grosse Massen fort, so dass Felsbänke, welche Anfangs den Abfluss hemmten und dadurch ausgedehnte Landseen bildeten, nach und nach verschwinden, Eisschollen und andere vom Wasser fortgetriebene Körper stoßen und reiben zugleich den Damm, der sie hemmt, und tragen durch gleichfalls zu seiner Zerstörung bei.

Es ist natürlich, dass ein solches Auswaschen und Abschleifen einer Felsbank sehr langsam vor sich geht; und dies ist der obere schmalere Kamm des Bergrückens im Laufe der Zeit schon längst beseitigt und die grössere Ausdehnung der im Angriffe stehenden Oberfläche vermehrt den Widerstand. Man darf daher nicht erwarten, dass ein solches Durchbrechen eines festen Felsriffes jemals wirklich beobachtet sei, und es lässt sich in der That, so viel mir bekannt, in keinem Falle durch historische Ueberlieferungen nachweisen, dass ein Strom auf diese Weise sein Bett vertieft, oder dadurch seinen Wasserspiegel gesenkt habe. Nichts desto weniger kann dieser Mangel eines historischen Beweises keinen Zweifel gegen die Thatsache selbst begründen: viele Eigenthümlichkeiten der Flussbetten, die wir heute zu Tage wahrnehmen, lassen sich dadurch allein erklären, und übereinstimmend steht diese Annahme mit den bekannten chemischen und ph

sehen Eigenschaften der Körper in innigsten Zusammenhänge. tiefen Thäler, welche die Gebirge durchziehen und welche Wasserläufe aufnehmen, und dieselben, wenn auch auf Umwegen und mit wechselndem Gefälle, doch in ausgebildeten Betten zu Strömen zuführen, sind demnach durch das Wasser selbst zu jenigen Regelmässigkeit ausgebildet, welche sie zeigen. Die Wirksamkeit des Wassers giebt sich hierbei zuweilen auch noch auf andere Weise zu erkennen: wo die Bode am Fusse der Rossuppe im Harz den Granit durchbricht, bemerkt man mehrere Nischen in den steilen Ufern, welche wie durch Kunst mit kugelförmiger Ueberdeckung ausgehauen zu sein scheinen. Gegen das Ende des Fusspfades zeigt sich im linken Ufer eine solche Nische von etwa 6 Fuss Weite unmittelbar neben einem kleinen Wasserfalle, und sie umgiebt denselben so concentrisch, dass ihre Decke, wie die Wände gleichmässig von dem aufspritzenden Wasser getroffen werden. Dieser Umstand erklärt ihre Bildung; das Wasser selbst grub sie nämlich durch fortwährendes Aufspritzen in den Felsen ein. Andere höher liegende Nischen beweisen, dass die Bode früher weit über ihrem jetzigen Niveau ähnliche Wasserfälle bildete, und im Laufe der Zeit ihr Bett vertiefte. Ein genauer Maassstab für die Periode, in welcher die Senkung erfolgte, ist nicht vorhanden; aber man darf jenen früheren Zustand nicht in eine zu entfernte Vergangenheit verlegen, weil sonst der durch den Einfluss der Witterung die Spuren dieser Einwirkung verloren haben würde.

Sodann sind die senkrechten Felspaltén, auch Klammén genannt, hier zu erwähnen, an deren unterem Ende Bäche durchfliessen. Man sieht sie nicht selten in Tyrol und im Salzburgischen, und besonders häufig haben sie sich im Sandsteine gebildet. Der Bergrücken hemmte den Abfluss des Baches, und dieser musste an der niedrigsten Stelle über ihn fortfliessen. Bei diesem Vordringen griff er aber diejenige Stelle an, welche seine Strömung traf, und so schnitt er nach und nach die tiefe Spalte. Hierbei kann es geschehen, dass einzelne tiefer liegende Stellen dem Wasser schon in Folge einer Fuge oder einer unvollständigen Stelle den Durchfluss gestatteten, ehe die Spalte vollständig dargestellt war. Alsdann blieb die obere Lage, die vom Wasser nicht weiter angegriffen wurde, unverändert, und gestaltete

142 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

sich zu einer natürlichen Brücke, wie von Humboldt solche den Cordilleren bei Leonzono sah, unter denen in der Tiefe von 300 Fuss der Rio de la Samma Paz strömt. Eben so fließt in Virginien ohnfern Harper's Ferry der Cedar Creek in einer Tiefe von etwa 200 Fuss unter einer ähnlichen Felsenbrücke.

Auch der berühmte Fall des Niagara, zwischen dem Erie- und Ontario-See, zeigt deutlich die Zerstörung, welche das Wasser an den Felsen ausübt, welche seinen freien Abfluss hindern. Bei der Insel Goat Island stürzt der Niagara, in zwei Theile getheilt, etwa 180 Fuss tief herab. Das Gebirge, welches nicht bedeutend über das Oberwasser erhebt, besteht aus Muschelkalk, und es kann nicht fehlen, dass es einen starken Angriff vom Wasser erleidet. Auf $1\frac{1}{2}$ Meilen Länge unterhalb des Falls ist der Strom in einem engen Thale von steilen, etwa 300 Fuss hohen Ufern eingeschlossen. Wahrscheinlich waren sie ursprünglich mit einander verbunden, und das Wasser floss über das Gebirge fort, so dass der Wassersturz in der Nähe des Ontario-Sees stattfand. Diese Zerstörung hat aber auch noch keineswegs ihre Grenze erreicht, und man bemerkt sogar, wie sie fortschreitet. Nach Basil Hall ist der Wasserfall in 36 Jahren etwa 130 Fuss weiter stromaufwärts gerückt, und hiernach könnte man vermuthen, dass ungefähr nach drei Jahrhunderten das Gebirge ganz durchbrochen und dem Niagara ein freier Abfluss eröffnet sein würde. Die grösste Tiefe im Erie-See beträgt nur 270 Fuss, derselbe muss daher in diesem Falle beinahe ganz aufhören; und es würde sich alsdann hier dieselbe Catastrophe wiederholen, welche wahrscheinlich in Gebirgsgegenden häufig vorgekommen ist, dass nämlich Seen verschwinden, indem das Wasser den natürlichen Damm, der den freien Abfluss hinderte, durchbricht. In gleicher Weise kann man wohl annehmen, dass die Reuss in dem Thale bei Andermatt früher einen See bildete, ehe die Oeffnung durch die Schöllenen ohnfern der Teufelsbrücke sich gehörig vertieft hatte. Auch der Rhein musste, bevor er bei Bingen zwischen dem Taunus und Hunsrück den Bergrück durchbrochen hatte, im Rheingau einen weiten See bilden; zum Verschwinden dieses Sees trug ausserdem auch das Geschiebe bei, welches hier in grosser Tiefe abgelagert ist, und ohne welches auch heute noch der See vorhanden wäre.

Wasser äussert ferner noch auf eine andere wesentlich
Weise eine sehr zerstörende Wirkung an den Felsen.
Eselben nämlich nur periodisch und vielleicht sogar
gen trifft, so zerstört es durch Verwitterung ihre
Hierdurch oder auch wohl durch die natürliche
des Gesteines dringt es in die Masse ein, und seine
Eigenschaft, beim Gefrieren das Volumen zu vergrössern, löst
in der Nähe der Oberfläche seine Körnchen und kleine
en und selbst grosse Blöcke vom Felsen ab. Was
Weise gelöst ist, folgt eben so wie das Wasser wieder
einen Gesetze der Schwere und stürzt, so weit die
Bodens es gestattet, von der Höhe in die Tiefe.
Auf diese Weise sammeln sich die Trümmer der Felsen
am Ufer an, oder sie fallen vielleicht schon unmittelbar in
der Bäche und Flüsse. Die heftige Strömung, welche
in Regengüssen oder beim Schmelzen des Schnees
die herabgefallenen Massen aufs Neue in Bewegung,
wie sie in den Rinnen der Felsen fort, so weit das Ge-
fülle lässt und so weit der Stoss des Wassers hierzu die
Macht giebt. Sobald aber das Gefälle sich mässigt und
eine sanftere Bewegung des Wassers erfolgt, oder die-
se ganz aufhört, indem der Fluss in einen See tritt,
lagern sich die schweren Geschiebe, der Kies, der Sand und selbst
die feinsten schwebenden Erdtheilchen hintereinander zu Boden,
wodurch durch ihre Ablagerung die Stärke des Stromes,
vermindert wird. Bei der immer fortdauernden Strömung
in Wirkung des Wassers wiederholen sich die Erfolge
in dieser Weise: in dem tief eingeschnittenen Netze der Thäler
gelösten Felsmassen immer aufs Neue gesammelt und
auf grosse Flächen aufgeschwemmten Landes,
wo der zerstörten Gebirge, lagern sich über dem Fels-
boden das Bett von Seen war. Der ganze Lauf des
Flusses indessen die Spuren der Verwüstungen, die er theils
verursacht hat, und welche theils von seinen Zuflüssen
verursacht sind. Die feineren leichter beweglichen Theilchen bilden in
der Masse eine Fortsetzung der Ufer des Stromes weit
von der ursprünglichen Mündung hinaus; sie häufen sich am
Meeres an und dadurch entstehen die fruchtbaren

144 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Niederungen, deren Höhe durch die Anschwellung des Flusses bedingt, sich zu einer fast horizontalen Ebene ausbildet.

Es soll hierdurch keineswegs gesagt sein, dass jeder Boden nicht gewachsener Felsen ist, durch dieselben Ströme, heute zu Tage noch existiren, aufgeschwemmt worden sei. Verstärkere Strömungen und vielleicht auch andere Naturkräfte mögen bei der Ablagerung und Aufschichtung solcher Sand- und Steinmassen einst mitgewirkt haben; aber manche Erscheinungen, die in der historischen Zeit sich ereignet haben und zum Theil unabhängig von allen früheren Nachrichten sich noch wahrnehmen lassen, beweisen die gewaltigen Aenderungen, welche die Ströme auf der Erdoberfläche hervorbringen können. Ich erinnere hier an die schon früher mitgetheilten Thatsachen, dass die Ufer des Po's in jedem Jahre sich um 184 und die der Nogai um 11 Ruthen weiter seewärts verlängern *). Wo Ströme seit längerer Zeit eingedeicht sind, bemerken wir in gleicher Weise, dass das künstliche Flussthal zwischen den Deichen viel höher liegt als die Niederung, welche dem Zutritt des Hochwassers durch die Deiche entzogen ist. Gewiss war dieses zur Zeit der Eindeichung nicht der Fall, sondern es ist der Erfolg der spätern Erhöhung des Flussbettes. Endlich führe ich noch an, dass manche Gebirgsflüsse zur Zeit der Anschwellung mehrere Procent festes Material mit sich führen **). Diese Umstände lassen allerdings erwarten, dass in der unbegrenzten Zeitperiode, seitdem die Ströme fliessen, auch weit ausgedehnte Ebenen aufgeschwemmten Bodens durch sie gebildet werden mussten. Wenn wir aber solche Niederungen heute zu Tage nicht weiter zunehmen, sondern im Gegentheil den Angriffen des Meeres blosgestellt sehen, wie dieses z. B. bei der äusseren Holländischen Küste der Fall ist, so wäre es wohl keine gewagte Hypothese, anzunehmen, dass in jener frühen Periode, als der aufgeschwemmte Boden emporwuchs, die Nordsee weniger zerstörend war, als jetzt. Die beiderseitigen Ufer der Meeresenge bei Calais stehen noch jetzt im Abbruche, und je mehr sie zurückweichen, desto stärker wird die Strömung der eintretenden Flut. Es ist also sehr wünschenswerth, dass diese Strömung früher mind-

*) Theil I. §. 29.

**) Theil I. §. 25.

mark war, vielleicht war sogar der Canal einst ganz geschlossen und die Nordsee stand nur auf der Nordseite mit dem Atlantischen Meere in Verbindung. In diesem Falle hatte die Holländische Küste eine sehr geschützte Lage und wurde von keiner heftigen Meeresströmung getroffen. Die Anlandungen mussten also hier eben so vor sich gehen, wie dieses in Binnenseen und geschlossenen Buchten noch heute geschieht.

In den aufgeschwemmten Flussthälern treten wieder andere Erscheinungen ein: der Strom bildet hier weit leichter, als im Felsboden sein Bett aus, und verändert es zugleich viel leichter, als in jenem. Die geringste Ungleichmässigkeit der Ufer, oder eine Vertiefung oder Verflächung des Bettes an einer oder der andern Seite, veranlasst schon den Strom, sich bald rechts bald links zu wenden und in Folge seines Beharrungs-Vermögens, welches ihn, wie jeden schweren Körper, in gerader Richtung antreibt, versetzt er abwechselnd seine Ufer in Abbruch. So bilden sich die Krümmungen durch Abbruch der concaven Ufer nach und nach immer weiter und schärfer aus, und indem vor dem gegenüberliegenden convexen Ufer die Ablagerung der vom Strom vorbeigeführten Materialien gewöhnlich in demselben Maasse vortritt, wie die ersteren zurückweichen, so nimmt die Serpentine fortwährend zu, bis sie durch den Angriff des Wassers am Anfangs- und Endpunkte zuletzt wieder durchbrochen wird, und der Strom sich auf diese Art von selbst regulirt. Man könnte vermuthen, dass das Wasser die Tendenz haben müsste, seinen graden Lauf zu verfolgen, indem dieser die geringste Auslenkung in der Länge und sonach das stärkste relative Gefälle bedingt. Beim Hochwasser findet dieses auch wirklich statt, und man bemerkt allgemein, dass die Hauptströmung in solchem Falle, soweit die Höhenlage des Terrains es gestattet, den kürzesten Weg einschlägt; sobald aber das Wasser in das eigentliche Bett zurücktritt, so muss es demselben folgen, und die Veränderungen desselben sind allein durch zufällige Umstände bedingt, welche auf die Richtung des Stromes Einfluss haben. Die Thalfläche, welche vom Hochwasser überströmt wird, bedeckt sich in Folge der periodisch wiederkehrenden Inundation gemeinhin mit einem Rasen, der ihr einen sehr sichern Schutz gegen den Angriff des Wassers gewährt, und zugleich verhindert, dass

146 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

während der kurzen Dauer des Hochwassers ein neues Bett bilden kann.

Ueberhaupt ist die Wirkung des Stromes, wenn er auch grosser Heftigkeit über eine ziemlich ebene Thalfäche geht, unbedeutend: wogegen die Veränderungen des Bettes hauptsächlich durch den Abbruch der Ufer desselben veranlasst werden.

Während auf solche Weise das Flussbette seine Stelle im Thale verändert, erhöht sich zugleich die mit einer Grasnarbe oder Gebüsch bedeckte Thalsole durch den Niederschlag der feinsten Stoffe, die das Hochwasser herbeiführt; die Vegetation hemmt den Abfluss der Fluthen durch die Ausdehnung der benetzten Fläche und vermindert dadurch die Geschwindigkeit des Wassers so sehr, dass dieses die fein zertheilten Erdmassen fallen lässt, welche schwebend mit sich führte.

Aus der Wirkung der Vorgangenhait muss man auf die Zukunft schliessen; die aufgeschwommenen Thäler haben sich bisher erhöht, und die Sohle des Flussbettes ist der Senkung des Thales gefolgt. Es steht also auch fernerhin eine Aenderung in demselben Sinne zu erwarten: das Gegentheil tritt nur in dem Falle ein, wo gewachsene Felsmassen den Abfluss des Wassers hindern. Der Einfluss, welchen ein geregelter Strombau auf die fortschreitende Aenderung des Wasserspiegels ausüben kann, allerdings nicht in Abrede zu stellen, bis jetzt giebt sich dasselbe jedoch nur insofern zu erkennen, als die Beseitigung einzelner tiefen Stellen, welche bisher das Wasser zurückhielten, auf die Beförderung des Abflusses hinwirkt, und das Flussbette zugleich mit dem Spiegel des Flusses sich senkt. Der allmählichen Senkung des Thales ist bisher wohl noch nirgend eine Grenze gesetzt. Eine solche wäre auch nur denkbar, wenn die Ufer der Ströme und aller Zuflüsse so sicher gedeckt wären, dass kein Abbruch mehr erfolgen könnte, so dass selbst das Hochwasser klar und frei von allen erdigen Theilchen in die Flussbetten träte. Hiernach muss man annehmen, dass die Senkung des Wasserspiegels, die man häufig in denjenigen Flüssen wahrnimmt, wo ausgedehnte Correctionsarbeiten unternommen sind, temporär ist, und langsam wieder verschwinden wird, wenn die Thäler höher heraufgewachsen sein werden. Es giebt freilich

ein anderes Mittel; der allgemeinen Erhöhung der Flussthäler abzuweichen, und zwar dadurch, dass man dieselben zum Theil der Einwirkung des Wassers durch Deichanlagen entzieht. Die Folgen hiervon können indessen unmöglich den bestehenden Zustand sichern, sie führen vielmehr im Laufe der Zeiten einen weit ungünstlicheren herbei. Die Erfahrungen, welche in vielen Gegenden und namentlich in Holland hierüber gemacht sind, zeigen, dass schon erwähnt, dass das zwischen den Deichen künstlich eingeschlossene und zum Theil ganz unangemessen beschränkte Flusswasser sich fortwährend erhöht, und das Flussbett selbst in gleicher Weise nachfolgt. So liesset der Leck nicht nur bei höheren, sondern auch bei niedrigeren Wasserständen in einer natürlichen Weise über dem nebenliegenden abgeschlossenen Terrain, und es wird dadurch theils die Entwässerung des letzteren sehr erschwert, theils aber wird auch die Gefahr bei vorkommenden Deichbrüchen während grösser, und es ist zu besorgen, dass einst dieses künstliche Verhältniss aufgehoben werden muss, wie dieses von holländischen Hydrotekten bereits als das einzige Rettungsmittel für die nebenliegenden Niederungen in Vorschlag gebracht ist.

In diesem beständigen Wechsel der Verhältnisse, welche theilweis durch zufällige Umstände bedingt sind, zeigt sich auch eine gewisse Gleichmässigkeit und ein Beharren, das dem ersten Blicke überraschen muss. Es giebt in den sich selbst überlassenen Flussbetten viele Stellen, welche bedeutend tiefer sind, als andere: man sollte vermuthen, dass diese Tiefen wegen der schwächeren Strömung eine besonders starke Abnutzung erfahren müssten, aber eine solche zeigt sich nicht, und die Tiefe erhält sich dauernd, wenn auch das Bett selbst in der Lage verändert. Andere Stellen dagegen sind den Schiffen, soweit die Nachrichten reichen, als Untiefen bekannt, man hat sie wiederholtlich und manche derselben regelmässig bei jedem Anstauen Wasser aufgeräumt, aber jedes Hochwasser wirft auf diese Steine und Sand darin auf. Zuweilen sind diese Bänke tiefer als der Spiegel des kleinsten Wassers, woher sie bei plötzlichem Eintreten desselben den Abfluss ganz hemmen, und wie ein Wehr den Strom vor sich aufstauen müssten. Das Hochwasser verläuft sich indessen nur nach und nach, und so geschieht es, dass sie vom Strome wieder angegriffen werden, und

148 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

derselbe in ihnen eine Rinne bildet, welche bald dieselbe Tiefe wie früher erhält.

An solchen Stellen haben selbst ausgedehnte Stromcorrectionen oft keinen vollständigen Erfolg gehabt, indem sie nur eben die Erhaltung einer nothdürftigen Wassertiefe bewirkten, ohne dass derjenige Wasserstand erreicht wäre, der sich auf den zwischenliegenden Strecken ganz von selbst bildet. Man bezeichnet diese auffallende Verschiedenheit durch besondere Benennungen, die freilich nicht allgemein angenommen, sondern nur provincieel sind. Die Untiefe heisst häufig Kopf, weil sie aus dem Bett hervorragt, auch die Benennung Furth ist nicht ungewöhnlich, indem gerade hier die Fahrwege durch den Fluss führen. Die zwischenliegenden tiefen Stellen werden am häufigsten Pfuhl und Woog genannt. Das erste Wort erklärt sich leicht durch die geringe Strömung, die zur Zeit des kleinen Wassers hier stattfindet und den Schiffen oft das Herabfahren erschwert; Woog dagegen soll vielleicht eine Stromstrecke ohne Gefälle bedeuten, die also in der Woge liegt. Die Erscheinung selbst muss offenbar durch äussere Umstände bedingt sein, welche von der zufälligen Lage und Gestalt der Strombetten unabhängig sind. Ich habe mich vielfach bemüht, die Ursachen aufzufinden, und vermute, dass dieselben fast immer in der grösseren oder geringeren Nähe und der Richtung der höheren Ufer zu suchen sind, welche das Thal und zugleich die Inundation begrenzen. Bei Weitem in den meisten Fällen liegt der Pfuhl in der Richtung der Strömung des Hochwassers, und wo letztere das Flussbett verlässt, oder dasselbe kreuzt, oder wieder hineintritt, bildet sich eine Furth. Zum Entstehen der Furthun geben ausserdem noch Felsriffe Veranlassung, welche das Bett durchsetzen, und häufig sind es endlich die seitwärts einmündenden Bäche, die bei jeder Anschwellung neue Massen von Steinen oder anderes Material hier aufhäufen.

Eine andere gleichfalls sehr auffallende Erscheinung ist es, dass die sämmtlichen Untiefen oder Furthun eines Stromes nicht selten sehr genau eine ganz gleiche Wassertiefe haben. Diese Stellen sind es ausschliesslich, deren Tiefe vom Schiffe sorgfältig gemessen wird, indem die Ladung, die er führen darf, hierdurch bedingt ist; eine Vergleichung solcher Messungen

sondern nach anhaltend kleinem Wasser, zeigt oft eine über-
wiegende Uebereinstimmung. Es ist freilich nicht in Abrede zu
nehmen, dass der Betrieb der Schifffahrt selbst gewissermassen
einen solchen Erfolg hinwirkt, denn wenn der Schiffer eine
sondern flache Stelle vorfindet, so versucht er zuweilen durch
Verhaken die Tiefe etwas zu vermehren, oder er zieht auch
mit an ausgesetzten Ankern das Schiff herüber, und bildet da-
durch eine etwas tiefere Furche. Es scheint jedoch, dass auch
der Strom selbst darauf hinwirkt, ein gewisses Minimum der Tiefe
herzustellen, und bis zu dieser den Sand und die Steine
hin und noch fortzuspielen.

Das Gefälle des Stromes, worunter man immer die Neigung
des Wasserspiegels versteht, stellt sich nach den angeführten Er-
scheinungen auf die ganze Länge des Laufes sehr verschieden
dar: es ist im Allgemeinen in den Furthen und überhaupt auf
den seichteren Stellen viel stärker, als in den tieferen Strecken;
man erfährt aber, welche grossentheils durch die zufällige Ge-
staltung der Erdoberfläche, durch vortretende Felsen, durch eine
unregelmässige Lage der Ufer oder durch die Einmündung der
Zuflüsse bedingt werden, bilden gewissermassen die Fest-
punkte, wodurch das Gefälle des Stromes im Ganzen normirt
wird. Ein allgemein gültiges Gesetz über die Vertheilung des
Gefälles lässt sich daher gewiss nicht angeben, wie man ein-
mal zuweilen nachzuweisen versucht hat. Der gewöhnliche
Fall ist es freilich, dass der obere Theil eines Stromlaufes mehr
Gefälle hat als der untere. Dieses rührt indessen allein von der
sprinklichen Gestaltung der Oberfläche her, über welche er
fließt, und von welcher er sich nie weit entfernen kann; und
man darf keinen Zusammenhang im ganzen Laufe des Stromes
eine gewisse Tendenz desselben voraussetzen, seinen Wasser-
spiegel nach einer stätigen Curve zu normiren. Man findet auch
mit selten sehr auffallende Abweichungen von der erwähnten
Anordnung. Der Rhein hat zwischen Carlsruhe und Bingen ein
schwächeres Gefälle, als im Coblenzer und selbst im Cölner
Gerungsbezirke; die Saar und die Mosel haben in den obern
Theilen ihres Laufes gleichfalls einen weit geringeren Fall, als
im abwärts. Augenscheinlich liegt die Veranlassung des stärkeren
Falles in den Gebirgen, die der Strom durchbrechen musste;

150 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

sie bildeten theils an sich schon natürliche Dämme, die den Lauf des Wassers hemmten, theils aber liefern sie auch fortwährend so vieles und so grobes Material, dass der Strom dasselbe abzuheben und beseitigen kann, wenn er stark fliesst; er wird also durch die gelösten Massen so lange gehemmt, bis das Gefälle stark genug geworden ist, um das Bett aufzuräumen. Sammelt der Fluss dagegen seine Quellen in weit ausgedehnten Sumpfigenden, die gewöhnlich fast wagerecht liegen, so hat er im ersten Theile seines Laufes nur ein sehr geringes Gefälle. Die Erfahrung bestätigt daher keineswegs ganz allgemein die Voraussetzung, dass das Gefälle der Ströme von oben nach unten immer abnehmen sollte, und noch viel weniger giebt sie Veranlassung, hierin eine gewisse Gesetzmässigkeit zu suchen.

Wie sehr das Gefälle des Stromes bei verschiedenen Wasserständen sich ändert, ergibt sich aus den im Folgenden mitgetheilten Wasserstandsbeobachtungen. Der Grund dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass bei eintretenden Anschwellungen das Flussprofil nicht mehr durch das eigentliche Bett, sondern vielmehr durch die Entfernung der höheren Ufer bedingt wird. Es verschwindet sonach in diesem Falle mit dem Steigen des Wassers auch der Einfluss, den einzelne hohe Kiesbänke oder künstliche Wehre aussern, und im Allgemeinen kann man wohl annehmen, dass bei hohem Wasser das Gefälle sich viel gleichmässiger stellt, als dieses bei kleinem Wasser der Fall ist. Eine Ausnahme hiervon tritt nur ein, wenn die höheren Ufer sehr nahe zusammenrücken, wodurch das Fluthprofil in der Breite beschränkt wird und sonach ein stärkeres Gefälle erforderlich ist, um die entsprechende grössere Geschwindigkeit zu erzeugen. Hierdurch erklärt sich die ziemlich allgemeine Erscheinung, dass oberhalb der besonders engen Stellen in den Flussthälern die höchsten Anschwellungen eintreten, und dasselbe ist offenbar auch der Fall, wo die Einschränkung keine natürliche, sondern künstlich durch Eindeichungen hervorgebracht ist.

Endlich muss bei dieser Gelegenheit auch noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Gefälle und namentlich bei kleinem Wasser, durch die Stromcorrectionen verändert wird. Ein auffallendes Beispiel dieser Erscheinung wird im Folgenden bei Gelegenheit der Wasserstandsbeobachtungen nachgewiesen werden.

selbe ist auf Taf. XXIX. Fig. 68 dargestellt, es zeigt, wie in einem kleinen Wasser die beobachteten Pegelhöhen der Weser bei Münde und Minden gegen die bei Schlüsselburg jetzt ganz andere Verhältnisse zeigen, als etwa vor 15 Jahren. In dieser Zeit ist im Preussischen Antheile der Weser auf die Beseitigung der tiefen Stellen mit grossem Erfolge hingearbeitet worden, während der Strecke unterhalb Schlüsselburg die Untiefen zunehmen und auch den Abfluss des kleinen Wassers hemmen.

§. 56

Die Ufer.

Der Abbruch des Ufers steht mit dem Angriffe, den das Wasser gegen das Bett des Stromes ausübt, in sehr naher Beziehung und ist häufig die unmittelbare Folge des Letzteren: da nämlich jeder lose Boden eine gewisse Seitenböschung braucht, es gehörig unterstützt zu werden (wie dieses bei Gelegenheit der Besprechung über den Seitendruck der Erde, §. 49, bereits erwähnt worden ist), so muss derselbe seine Unterstützung verlieren und nachstürzen, sobald der Fuss der Dossirung vom Wasser ausgewaschen wird. Dieses Nachstürzen erfolgt aber keineswegs jedesmal unmittelbar nachdem die Dossirung beschädigt ist, sondern es treten vielmehr sehr häufig besondere Umstände ein, welche dasselbe längere Zeit hindurch verhindern, wobei man weder aus dem guten Ansehen eines Ufers über Wasser noch aus dem unversehrten Zustand seiner Dossirung schliessen kann. Diese zufälligen Umstände, welche ein schadhafes Ufer vorläufig halten, sind zunächst die Cohäsion des Erdreichs; dieselbe ist theils von der Zusammensetzung der Erde und theils von ihrer Feuchtigkeit abhängig. Ein fester Thonboden steht nicht nur lange Zeit hindurch ohne Dossirung, sondern sogar etwas überhörend; seine Cohäsion wird auch nicht plötzlich aufgehoben, sondern lösen sich vielmehr die Theile nur nach und nach von einander ab, indem die Brüche oder Spalten sich immer mehr ausbilden. Diese Brüche sind sehr steil und meist nach einem flachen Bogen gekrümmt, dessen concave Seite nach oben gekehrt ist. Man bemerkt daher bei dieser Bodenart in der horizontalen Oberfläche gewöhnlich senkrechte Fugen, und in grossen Klampen

152 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

gleitet die Erde, wenn der Bruch sich vollständig ausgebildet hat, im obern Theile beinahe lothrecht herab.

Bei einem stärkern Zusatze von Sand oder Kies erfolgt die Ablösung in kleinern Massen, und die Richtung des Bruches ist weniger steil. Besteht der Boden aber aus reinem Sande oder aus Kies, so ist die Erscheinung wesentlich anders. Indem kein Bindemittel zwischen den einzelnen Körnchen vorhanden ist, stürzen dieselben immer sogleich nach, wenn sie nicht gehalten oder unterstützt sind, und stellen dadurch augenblicklich ihre erforderliche Dossirung wieder her. Wenn der Sand auf diese Weise von der Flussbette herabfällt, so bildet er eine ganz lose Ablagerung oder den sogenannten Tribsand *), der dem bewegten Wasser beinahe gar keinen Widerstand entgegensetzt, und daher sehr leicht wieder fortgetrieben wird. Das Nachstürzen des Ufers geht in diesem Falle ohne Unterbrechung vor sich, und deshalb sind gerade bei dieser Bodenart die Verwüstungen, welche ein heftiger Sturz hervorbringt, auch am auffallendsten. Derjenige Theil des Ufers, der über Wasser liegt, zeigt indessen gemeinhin, während des Abbruches, eine viel steilere Böschung, als dem Sande zukommt, und dieses rührt davon her, dass die Feuchtigkeit im Innern der Masse eine merkliche Cohäsion verursacht, wodurch die Sandkörnchen, so lange sie noch feucht sind, zurückgehalten werden.

Beim groben Kiese und ebenso bei stärkerem Steingerölle findet eine weit festere Ablagerung statt, indem das größtenteils Gewicht der einzelnen Stücke einen viel kräftigern Widerstand dem Angriffe des Wassers leistet. Der obere Theil eines solchen Ufers wird aber in diesem Falle, wenn nicht etwa bindende Erde theilchen die Zwischenräume der Steinchen ausfüllen, durch die Cohäsion zurückgehalten, und stellt daher sogleich diejenige Gestalt dar, welche sich dauernd erhalten kann.

Ein zweiter Umstand, der das Nachstürzen des Ufers verhindert, ist der Gegendruck des Wassers; derselbe tritt aber nur da ein, wo entweder das ganze Ufer oder wenigstens seine grössere Fläche einigermaassen undurchdringlich ist, so dass bei eintretender Aenderung des Wasserstandes im Flusse das Grundwasser im Innern sich nicht sofort damit ins Gleichgewicht

*) Theil I. §. 7.

gewicht setzt. Beim Kiese und beim Steingerölle ist daher auf diesen solchen Gegendruck gar nicht zu rechnen: dasselbe verliert nämlich, wenn es vom Wasser bedeckt wird, einen Theil seines Gewichtes, doch vermindert sich im gleichen Maasse auch seine Neigung, und so ist sein natürlicher Böschungswinkel über Wasser demjenigen unter Wasser gleich. Beim Sande treten hierbei manche wesentliche Modificationen ein, die Böschung desselben muss unter Wasser flacher sein, als im trocknen Zustande*), senkt sich daher der Wasserstand im Flusse, so würde aus diesem Grunde eine Bewegung des Ufers zu erwarten sein, es kommt jedoch ein anderer Umstand dabei noch in Betracht, wodurch gemeinhin ein sehr heftiges Abstürzen des Ufers veranlasst wird. Das Wasser hebt sich nämlich bei anhaltend hohem Stande des Flusses in den Zwischenräume des Sandes auf weite Entfernung langsam an, oder das Grundwasser hebt sich. Sobald der Fluss wieder abfließt, strömt dieses Wasser zurück, und da es gemeinhin nicht schnell das Ufer wieder erreichen kann, als die Senkung des Wasserpiegels im Flusse erfolgt, so bilden sich starke Quellen, die eine Masse Sand mit sich fortreißen, und dieser Umstand ist Veranlassung, dass ein solches Ufer nach jedem Hochwasser stürzt. Auch wenn Bohlwerke das Ufer einfassen, bemerkt man in diesem Falle ein starkes Nachsinken der Hinterfüllungserde.

Bei festem Thonboden zeigt sich die Wirkung des Gegendruckes vom Wasser am auffallendsten. Ist ein thoniges Ufer zur Zeit des Hochwassers durch die starke Strömung auch ganz in seinem Fusse abgebrochen, so steht es häufig so lange bei hohem Wasserstand an, so unbeweglich, dass man oft keine Ursache von der Zerstörung seines Fusses wahrnehmen kann: sobald der Wasserspiegel sinkt und der Gegendruck desselben aufhört, kann der Boden sich nicht mehr halten und stürzt in grossen Massen nach. Hierdurch erklären sich die sogenannten Kappungen der Deiche, die gewöhnlich bei starkem Fallen des Wassers eintreten: während des höchsten Wasserstandes hält sich der Deich oft so gut, dass man gar keine Anzeichen eines Bruches überhaupt einer Gefahr bemerken kann, sobald aber das Wasser schnell fällt, stürzt plötzlich die äussere Dossirung oder

*) Theil I. §. 21.

154 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

nach wohl die Krone oder Kappe des Deiches in den Strom. Das Ufer war nämlich in diesem Falle unter dem Wasser so steil abgebrochen, dass es ohne diesen Gegendruck sich mehr halten konnte. In ähnlicher Weise erfolgt auch das Einstürzen von massiven Uferschälungen grade in dem Augenblicke, wenn das Hochwasser abgeflossen ist.

Einen sehr kräftigen Schutz erhalten sandige Ufer durch Weidenpflanzungen. Die feinen Wurzelsysteme bilden so dichtes Geflechte, dass die einzelnen Körnchen nicht hin- und herfallen können, und eben diese Wurzeln, soweit sie bereits entblättert sind, in Verbindung mit den von oben herabhängenden Zweigen, mässigen die Strömung unmittelbar neben dem Ufer, wodurch dieses oft lange Zeit hindurch in gutem Zustande erhält, obgleich es ganz steil ist und seine Dossirung vollständig verlor. Insofern hierbei ein Wiederauffangen des Sandes nicht da ist, wenn derselbe dennoch ausgespült wird, so muss man annehmen, dass auch dieser Schutz nur vorübergehend ist, mit der Zeit der Uferrand doch etwas zurücktritt, besonders wenn der Strom grade einen starken Angriff darauf ausübt. Die Erfahrung zeigt dieses auch wirklich: nichts desto weniger ist der Nutzen eines solchen Weidengebüsches so augenfällig, dass selbe unter allen natürlichen Schutzmitteln eines sandigen Ufers als das kräftigste angesehen werden muss.

Von grosser Wichtigkeit ist die Beantwortung der Frage, auf welche Weise das Wasser den Fuss der Ufer angreift; ohne Zweifel ist hierzu eine gewisse Kraft erforderlich, und diese kann nur von der Bewegung des Wassers kommen. Man kann also wohl im Allgemeinen annehmen, dass die Wirkung des Stromes um so grösser sein wird, je grösser seine lebende Kraft oder seine Geschwindigkeit ist. Dieses bestätigt auch die Erfahrung, aber es bleibt dabei immer noch unentschieden, ob eine regelmässige starke Strömung auch die Ufer angreift, d. h. eine solche Strömung, wobei die Wassertheilchen in paralleler Richtung zum Ufer sich mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegen, oder ob es hierbei weniger auf die Geschwindigkeit der ganzen Wassermasse in der Richtung des Stromes ankommt, vielmehr auf die partiellen innern Bewegungen und namentlich die Wirbel, welche eben den Ueberschuss der lebendigen

unvollkommen. Alle Erfahrungen scheinen die letzte Annahme zu bestätigen: ein Zweifel gegen diese Annahme rechtfertigt sich nur insofern, als gewöhnlich beide Arten von Strömung, nämlich die partiellen Wirbel und die allgemeine Geschwindigkeit des Wassers in der Richtung des Stromes, gleichzeitig zu- und abnehmen, und man daher nicht unmittelbar entscheiden kann, welche von beiden man als die Ursache des Angriffes der Ufer ansehen will. In manchen Fällen stellen sich indessen die beiden erwähnten Bewegungen schon getrennt von einander dar, die Erfolge, welche sich hier zeigen, sind also für die Beantwortung der vorliegenden Frage entscheidend. Ich erwähne hierbei nur des tiefen Kolkos, welcher sich regelmässig unterhalb jedes Wehres zu bilden pflegt, wenn nicht etwa eine sehr feste, künstliche oder natürliche Deckung des Bettes dieses verhindert. Eben wegen der grossen Tiefe, verbunden mit der grossen Breite des Profiles in einem solchen Kolk, ist die Geschwindigkeit des Stromes hier in der Richtung seiner Achse sehr geringe, dennoch dauern die Angriffe gegen das Bett und das Ufer hier fort, und was besonders zu bemerken ist, es erfolgt hier keine Ablagerung von Geschieben oder feinerem Material. Die sehr starken innern Bewegungen im Wasser sind also, welche eine solche Ablagerung hindern und das Bett an der Sohle und an den Seiten angreifen. Sehr wahrscheinlich, und wie ich glaube, mit allen Erfahrungen übereinstimmend, ist die Annahme, dass das Wasser diejenigen Stellen des Ufers oder des Bettes vorzugsweise angreift, gegen welche es bei seiner Bewegung gerichtet ist, und zwar kommt hierbei nicht nur die allgemeine Richtung des Stromes, sondern ebenso und vielleicht vorzugsweise die Richtung der partiellen Strömungen in Betracht. Die Stärke des Angriffes ist aber abhängig von dem Winkel, unter welchem das Wasser aufstösst, ferner von der Stärke dieses Stosses und endlich von dem Widerstande, den das Ufer nach seiner Beschaffenheit und Verbindung seiner Theile ausübt.

Hiernach lässt sich eine sehr wichtige Erscheinung, welche Flüsse und Ströme häufig zeigen und welche mit dem Abbruche der Ufer in der innigsten Beziehung steht, schon erklären: es ist die bereits erwähnte Tendenz, Serpentinien zu bilden. Die Hauptströmung, oder was man gemeinhin den Strom zu nennen pflegt, durch zufällige Verdächtigungen oder

156 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Vertiefungen im Bette auf das eine Ufer gewiesen wird, so setzt er dasselbe in Folge der Richtung, unter welcher er es in Abbruch, und es bildet sich alsdann in einer vorhergehenden Stromstrecke ein concaves Ufer. Die Hauptströmung befindet sich vor demselben, es wird daher die Geschwindigkeit am gegenüberliegenden Ufer geringer, und es erzeugt sich vor diesem eine Vertiefung, die sich immer mehr erhöht, so lange das Wasser die haupt erdige Theile oder schwerere Massen heraufschieben kann. Auf diese Weise ist die Veranlassung zum Entstehen einer Stromkrümme gegeben. Das Wasser, als schwerer Körper, hat die Tendenz, die Richtung seiner Bewegung beizubehalten: sobald es daher in ein, wenn auch nur schwach gekrümmtes Bette tritt, wird es bei Verfolgung der Richtung, in welcher es sich bewegt, nach dem concaven Ufer geführt: hier concentrirt sich die Hauptströmung und gleichzeitig greift dieselbe dieses Ufer an, so lange es nicht in Folge einer künstlichen Befestigung durch Entblössung einer natürlichen festen Decke hinwider Widerstand leistet. Ohne dass auf diese Weise dem Angriff eine Grenze gesetzt wird, ist ein Aufhören desselben nicht denkbar, wenigstens so lange, als der Strom wirklich dieses Ufer angriff. Man sagt freilich zuweilen*), dass die Abnahme des relativen Gefälles in der ganzen Stromkrümme, insofern dieses der Verlauf der letztern umgekehrt proportional ist, endlich zu einer so geringen Geschwindigkeit bedingen müsse, dass schon der geringste Widerstand der Angriff gegen das Ufer aufhöre. Das Gefälle des Stromes ist indessen keineswegs durch die Natur so unverkennbar vertheilt, dass eine Stelle nicht zufällig einen grössern Widerstand desselben bekommen könnte, als sie bisher hatte. Es geht auch ohne Zweifel, dass bei der weitem Ausbildung einer meandrierenden oder serpentinigen Wasserspiegel in der vorhergehenden Strecke sich jedesmal wieder senkt, sobald man die Landung einer neuen Serpentine durchsticht, oder dieselbe durchbrochen wird. Es ist sonach keine bestimmte Grenze, bis zu welcher die Serpentine sich nur ausbilden kann, und bei welcher ein Beharrungsstand eintreten muss.

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1838, I. p. 340.

Dagegen setzt die Natur selbst der Ausdehnung der Serpentine auf eine andere Art eine Grenze: sie fixirt dieselben nicht, sondern zerstört sie wieder. Eine Serpentine hat ihr concaves nicht durchweg auf einer Seite, sondern abwechselnd auf rechten und linken. Gesetzt, dass eine einfache Serpentine in das linke Stromufer eingebrochen wäre, so bleibt für den andern Theil derselben nur das linke Ufer dem Angriffe des Stromes ausgesetzt, aber damit der Strom aus der vorhergehenden Biegung links gelenkt werde, muss er im Anfange der Serpentine eine entgegengesetzte Krümmung machen, oder er trifft hier das rechte Ufer, und dasselbe geschieht auch wieder, wenn er aus der Serpentine heraustritt. An diesen beiden Stellen, wo er das rechte Ufer trifft, bricht er dasselbe eben so ab, wie das linke im Scheitel der Serpentine, und so geschieht es, dass beide Schenkel sich immer mehr nähern und zuletzt der schmale Landstreifen dazwischen durchbrochen wird. Beispiele dieser Art sind gar nicht selten in solchen Flüssen, deren Ufer nicht sorgsam unterhalten werden. In der Ems, oberhalb Rheine, wo bisher weder die Schifffahrt noch auch die Cultur der Thallfläche Veranlassung zu kostbaren Ausdehnungen geben konnte, hat der Strom sich in dieser Art Krümmung selbst regulirt. Im Jahre 1832 zerstörte er eine Serpentine oberhalb Emsdetten, und 1840 in gleicher Weise eine andere Serpentine in der Nähe des Dorfes Veltrup, indem er beide Male die Landzunge wieder durchbrach, die er früher selbst durch zunehmende Krümmung seines Laufes gebildet hatte. Selbst die Erhaltung des Schifffahrtsweges grössere Aufmerksamkeit und die Sicherung der Ufer bedingt, zeigen sich zuweilen die Uferbrüche so plötzlich, dass die schmalen Landzungen am Fusse der Serpentin vom Strome beseitigt werden: dieses geschah z. B. im Korzen mit der weit ausgedehnten Krümmung der Saale bei Kalbarn in der Nähe ihrer Mündung in die Elbe.

Noch auf andere Weise hört zuweilen die weitere Ausbildung der Stromkrümmung auf, besonders wenn dieselbe noch nicht weit vorgeschritten war. Eine zufällige Veranlassung war es nämlich, welche den Strom zuerst gegen das eine Ufer richtete und dieses in Angriff versetzte: eine ähnliche zufällige Veranlassung kann denselben auch wieder ablenken, und dieses besonders leicht, so lange die ganze Ausbildung des Bettes noch nicht den starken

158 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Angriff auf das eine Ufer bedingt. In dieser Art sieht man selten ein Ufer abbrechen und zurückweichen, während es im nächsten Jahre nicht mehr vom Hauptstrome getroffen wird. Alluvionen sich aufs Neue davor ablagern.

Es muss hier noch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dass durch den Abbruch der Ufer nicht nur Erde, sondern grössere und kleinere Steine in die Flussbetten geführt werden, sondern ausserdem auch die Stämme der auf dem Ufer stehenden Bäume. Dieselben schwimmen zwar Anfangs, wie das Holz ganz vom Wasser durchzogen wird, vergrössert sein spezifisches Gewicht und es sinkt daher zu Boden, oder wird auch wohl, wenn es bei kleinem Wasser vor einer solchen Stelle liegen bleibt, durch Sand und Schlamm so dicht umgeben, dass es sich bei hohem Wasser nicht wieder heben kann. Daraus erklärt sich die grosse Menge von Baumstämmen, die in den Flussbetten vorfindet. Ihre Beseitigung ist sehr schwierig, da der Strom selbst sie wegen ihrer Grösse gemeinlich nicht ständig ausspülen kann, wenn man auch seinen Angriff künstlich verstärkt: es bleibt daher nur übrig, sie unmittelbar durch mechanische Hilfsmittel auszuheben, was gemeinlich sehr schwierig ist. Als die obere Lippe schiffbar gemacht wurde, hat man eine Reihe von Jahren hindurch bedeutende Summen zu diesem Zwecke verwenden müssen, und wie die Tiefe des Bettes im Allgemeinen zunahm, zeigten sich immer neue Stämme im Grunde, was wir auch jetzt noch hier sowohl, wie bei andern Strömen z. B. der Weser, der Fall ist.

Von weit grösserer Bedeutung ist das Treibholz auf den Strömen, welche Urwäldungen durchfliessen, wo also zum Schaden der Ufer nichts geschieht, und eben so wenig die Bäume entfernt und fortgeschafft werden, ehe der Strom sie forttreiben kann. Namentlich auf dem Mississippi sind diese Stämme nicht so sehr die Schifffahrt sehr nachtheilig, welche dadurch einer beständigen sehr grossen Gefahr ausgesetzt ist, sondern sie bilden auf dem Strome und in der Mündung desselben oft grosse Inseln, wegen ihrer Beweglichkeit zu den auffallendsten Erscheinungen Veranlassung geben. Der losgerissene Baumstamm stürzt in das Wasser, und das grössere spezifische Gewicht des Holzes am Ende des Stammes und in der Wurzel macht, dass die

ertrinkt, und wo nicht hinreichende Wassertiefe vorhanden, zuerst am Grunde hängen bleibt. Nach der Stellung, in der diese Bäume angetroffen werden, haben sie von den Indianern besondere Benennungen erhalten. Zuweilen stehen sie senkrecht (Planter), zuweilen werden sie mit der Wurzel, wohl mit den Zweigen nur leicht im Grunde gehalten, und sie alsdann abwechselnd mit dem andern Ende unter das Wasser und steigen sich wieder (Sawyer). Am Gefährlichsten sind sie aber, wenn sie ganz unter Wasser und mit dem Wipfel nach oben und zwar stromabwärts gekehrt im Flusse liegen (Snag). Man kann sie nur an einem leichten Aufwirbeln der Oberfläche des Wassers erkennen. Für die stromabgehenden Schiffe sind sie weniger schädlich, indem dieselben meist übergleiten, dagegen stossen die stromaufgehenden Dampfschiffe häufig gegen die Spitze des Stammes und erleiden dabei Beschädigungen, dass sie gewöhnlich gleich sinken. Die Gefahr ist um so grösser, als die Stämme vorzugsweise in der Nähe der Ufer liegen, also grade da, wo die zu Berg fahrenden Schiffe sich halten müssen, um dem Hauptstrome auszuweichen. Ueberdies finden sie sich keineswegs auf bestimmten Stellen, und daher kann auch der lokalkundigste Steuermann nicht Gegenstossen verhindern. Das Mittel, welches man anwendet, dieser Gefahr zu begegnen, besteht nur darin, dass man im Vordertheile des Schiffes eine wasserdichte Zwischenwand anbringt, wodurch der vordere Raum (Snag Chamber) beim Durchgange des Buges voll Wasser laufen kann, ohne dass das ganze Schiff sinkt.

Diese Baumstämme finden sich indessen keineswegs nur einzeln, sondern oft in grossen Massen, so dass sie Inseln und vollstündige Wehre (Rafts) bilden, welche der Schifffahrt eine unüberwindliche Grenze setzen. Das grossartigste Beispiel dieser findet sich im Red River, dem letzten bedeutenden Zuflusse des Mississippi: derselbe würde auf etwa 1000 englische Meilen flussaufwärts sein, wenn er nicht in der Mitte seines Laufes durch eine derartige Anhäufung von Baumstämmen ganz gesperrt wäre, wahrscheinlich schon seit Jahrhunderten existirt. Sie erstreckt sich nicht nur von einem Ufer zum andern, sondern sie soll auf 100 englische Meilen Länge den Strom so anfüllen, dass der Be-

160 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

trieb der Schifffahrt daselbst unmöglich ist *). In ähnlicher Weise ist auch der Atchafalaya-Strom (der eigentlich einen Nebenarm des Mississippi bildet, indem er einen Theil desselben vom Hauptstrome dem Mexicanischen Meerbassin zuführt) 10 englische Meilen Länge in seinem Bette mit Baumstämmen überdeckt. Doch auch der Mississippi selbst mit seinen vielen Mündungen ist mit solchem Holze stellenweise angefüllt und die Inseln und ein grosser Theil seiner Ufer im unteren Theile seines Laufes bestehn nur aus Baumstämmen. Die Festigkeit eines solchen Bodens ist durch den Niederschlag bedingt, der das Bindemittel für diese Masse ist. Sobald letzteres auf fortgespült wird, lösen sich nicht nur einzelne Bäume, sondern ganze Strecken Landes heben sich und schwimmen nicht selten davon. Der Major Delafield, Ingenieur vom Platze in Port-Jackson, dem äussersten rechtseitigen Fort am Mississippi, sammelte über verschiedene Thatfachen, die er dem Congress vorlegte. Er sah eine versunkene Goelette, bei der nur die Spitze des Mastes noch über Wasser geblieben war, nach einiger Zeit wieder auf trockenem Lande liegen; dasselbe war mit Steinen bedeckt, die aus einem gestrandeten Schiffe, um dasselbe flott zu machen, über Bord geworfen waren. Das untere Stock des Forts wurde eines Tages mit Wasser angefüllt, indem eine solche Schicht der Nähe sich plötzlich hob und das darüber stehende Wasser seitwärts abfloss. Besonders in der Nähe der äussersten Mündungen sieht man nicht selten, wie die Ränder der Inseln mit einem Male erheben: die Insel nimmt alsdann eine conische Oberfläche an, das Wasser fliesst zwischen den Stämmen hindurch, spült den Schlamm fort, und bald löst sich der ganze Bassin treibt den Fluss herab. **)

Die Erdmassen, sowie der Sand und die Steine, welche bei der Zerstörung der Ufer in den Strom stürzen, bleiben, wie schon erwähnt, keineswegs daselbst ruhig liegen, sondern sie werden durch das Wasser fortgerissen und erzeugen theils die im

*) *Stevenson sketch of the civil engineering of North-America*. London 1838.

**) *Histoire et description des voies de communication des états unis, par Michel Chevalier*. Paris 1840. I. p. 79 ff.

Wiederkehrenden Untiefen an gewissen Stellen des Stromes, welche aber erhöhen sie nach und nach das ganze Thal, soweit dieses zur Zeit des Hochwassers inundirt wird, oder sie füllen nach und nach die tiefen Kessel an, welche ursprünglich Binnen-Seen waren. Ein sehr grosser Theil, und vielleicht der grösste Theil des Materials, folgt indessen so lange dem Laufe des Wassers, als dieses überhaupt fliesst, und sinkt erst zu Boden, wenn es in das Meer getreten ist und seine Geschwindigkeit ganz aufgehört hat. Dadurch entstehen die Untiefen, welche fast jedesmal die Mündungen der Ströme für grössere Schiffe unzugänglich machen, und welche häufig ein immer weiteres Vorrücken des Meeres zur Folge haben. Wenn nämlich nicht etwa ein starker Wellenschlag und eine heftige Küstenströmung diesen Niederschlag verhindert, oder ihn bald wieder fortreibt und in der Tiefe des Meeres versenkt, so wachsen diese Flächen allmählig bis über den niedrigen Wasserstand an: die Vegetation, die sich bald auf ihnen einstellt, giebt Veranlassung zu stärkeren Ablagerungen des Materials. Indem sie aber die Fortsetzung der Ufer bilden und nach den Strom verlängern, so wirken sie hierdurch wieder auf die Erhebung des Wasserspiegels hin, welche ungefähr der Entfernung von der neuen Mündung proportional ist. Der höhere Wasserstand bedingt alsdann eine noch höhere Auflandung, und es erfolgt die Erhebung dieser Flächen allmählig bis zum mittleren Wasserstande des Meeres und selbst darüber. Auf diese Art sind, wie schon oben erwähnt, die fruchtbaren Niederungen entstanden, die häufig in weiter Ausdehnung neben den Mündungen der Ströme vorkommen.

Die Bewegung der Erde und der Steine in den Flüssen und Bächen erfolgt auf sehr verschiedene Weise: sehr geringe Quantitäten verschiedener Mineralien, z. B. des Salzes, werden im Wasser aufgelöst und scheiden sich nur durch Verdunstung des Wassers wieder ab. Sie gelangen daher ohne merkliche Abnahme bis zum Ocean und haben auf die weitere Umgestaltung der Flussbetten keinen Einfluss. Der Thon und die vegetabilische Substanz werden, sobald der Strom sie aufnimmt, fein zertheilt, und das Gewicht eines Körnchens seinem cubischen Inhalte oder der dritten Potenz des Durchmessers proportional ist, während der Widerstand, den das Wasser seiner Bewegung entgegensetzt, nur gegen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

162 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

seinem Querschnitte oder der zweiten Potenz des Durchmessers entspricht, so erklärt es sich, wie bei gleichem specifischen Gewichte die kleineren Körner sich weit länger schwebend halten und durch geringe innere Bewegungen des Wassers aufgehoben werden, während die grösseren bald zu Boden sinken. Solche Massen, die sich sehr fein zertheilen, verursachen Trübung, die man im Flusswasser besonders zur Zeit der Anschwellung sehr auffallend bemerkt: sie scheiden sich nur dann, wenn die Bewegung beinahe ganz aufhört.

Anders verhält sich schon der Sand, er schwebt nur so lange im Wasser, als die innern Bewegungen in Folge einer heftigen Strömung sehr stark sind, und fällt sogleich zu Boden, wie die Leichter sich mässigen. Dadurch wird er aber dem Einflusse des Stromes keineswegs ganz entzogen, sondern er bewegt sich auch hier langsam fort, indem die einzelnen Körnchen durch den Druck des Wassers auf der Oberfläche des Bettes fortgeschoben werden. Die Bewegung des Sandes lässt sich im klaren Wasser der Flüsse und in künstlichen kleinen Kanälen leicht beobachten. Duhameau beschreibt dieselbe so genau, dass eine Uebersetzung der Stelle das deutlichste Bild von der Erscheinung geben wird. Er sagt:

„Die Art, wie das strömende Wasser ein bewegliches Bett bearbeitet und wie es den Sand, den es mit sich führt, umherwirbelt, ist höchst bewundernswürdig und verdient beachtet zu werden. Zuweilen entsteht ein Wirbel, der die Erdtheilchen mit dem feinen Sand mit sich reißt, wie der Wind den Rauch fortzieht: dieses geschieht, sobald die Geschwindigkeit des Wassers so gross ist, dass der Stoss ganz entschieden die Trägheit der festen Körnchen überwindet. Gewöhnlich ist es aber ein regelmässigeres und sanfteres, ich möchte sagen, ein methodisches Verfahren, welches man als ein Meisterstück der Dynamik betrachten muss.“

„Wenn nämlich die Geschwindigkeit des Wassers am Grunde gross genug ist, um die specifisch schwereren Körperchen fortzuschieben oder fortzurollen, so bewegen sich diese nicht statisch und gleichförmig, sondern sie schreiten gleichsam stationär vor. Der Sand mag als Beispiel dienen: besteht die Sohle

*) *Principes d'hydraulique*. I. §. 72.

aus einem etwas groben Sande, dessen Körnchen man deutlich folgen kann, und beträgt die Geschwindigkeit des Wassers ander 10 bis 12 Zoll in der Secunde, so lagert sich der in der Form jener Gewebe, die unter dem Namen der Unregelmässigen Spitzen bekannt sind: er stellt nämlich unregelmässige Rücken dar, die sich quer durch den Strom ziehen. Jeder dieser Rücken wird durch zwei Böschungen gebildet, die nach entgegengesetzter Richtung ansteigen. Die stromaufwärtsgekehrte fällt sanft ab, wogegen die andere sehr steil ist. Das Profil eines solchen Rückens ist ziemlich ähnlich demjenigen des Glaciers unter dem verdeckten Ganges bei Festungswerken. In geringer Entfernung vom Fusse der steilen Böschung beginnt die sanfte Neigung des folgenden Hügels, und so setzt sich die Bildung der Reihe fort. Das Sandkörnchen, welches vom Strome herabgeführt wird, steigt die sanfte Neigung der vordern Fläche herauf, und bald es auf den Scheitel gekommen ist, rollt es durch sein Gewicht an der andern Seite herab. Hier bleibt es ruhig, weil es vor dem Stosse des Wassers gesichert ist. Andere Körnchen machen der Reihe nach denselben Weg und begraben sich. Diese Bewegung hat viel Aehnlichkeit mit der des Schnees bei starken Aufträgen, wobei nämlich die Erdarbeiter die Kiste auf einem sanft geneigten Wege bis ans Ende des bereits geschütteten Dammes schieben und hier die Erde ausheben. Die Sandkörnchen, welche auf solche Weise verdeckt bleiben, so lange unter der Last der späteren Ankömmlinge liegen, bis endlich die ganze Masse des Sandrückens, welchen sie unter sich gelassen hatten, in einzelne Körnchen zertheilt und abgezogen ist. So schreitet der ganze Rücken in Folge der fortwährend eintretenden Bewegung seiner Theile weiter, und wenn er einen Raum zurückgelegt hat, der seiner Breite gleich ist, so ist das erste Körnchen wieder frei geworden und befindet sich am Fusse der vorderen Böschung. Es ist alsdann dem neuen Angriffe des Wassers ausgesetzt: es steigt das zweite Mal wieder herauf, und stürzt wieder wie das erste Mal herab. Diese sehr langsame Bewegung findet bei den sämmtlichen hinter einander liegenden Sandrücken gleichzeitig statt, und bei mässiger Geschwindigkeit des Wassers dauert es eine volle halbe Stunde, bis der kleine Hügel von 4 bis 5 Zoll Breite eine solche Station

164 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

oder eine Strecke, die seiner Breite gleichkommt, zurückgelegt. Nimmt die Geschwindigkeit des Wassers zu, so geht die Veränderung schneller vor sich, und im entgegengesetzten Falle langsamer. Durchschnittlich würde aber ein Sandkörnchen zwei $\frac{1}{2}$ gebrauchen, um eine Lieue (ungefähr $\frac{1}{2}$ Preuss. Meilen) zurückzulegen.“

Diese Angaben Dubaut's habe ich durch eigene Versuche vollständig bestätigt gefunden: ich wählte dabei recht feinen Sand, um schon durch eine mässige Strömung die Bewegung zu veranlassen, der Sand war aber vorher rein ausgewaschen, so dass er das Wasser gar nicht trübte und dieses seine volle Deutlichkeit behielt. Wenn ein heftiger Strom gegen eine Sandböschung traf, wie dieses etwa beim Angriffe der abbruchenden Ufer der Fall ist, so wirbelte der Sand ganz in der beschriebenen Weise auf, und die Erscheinung hatte eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Forttreiben des Rauches zur Zeit eines heftigen Windes. Die hiedurch geloste Sandmasse folgte dem stärksten Strome und lagerte sich an den Stellen des Bodens, wo die Strömung etwas schwächer wurde. Hier häufte sich bald eine grössere Masse an, und in derselben zeigte sich sogleich die von Dubaut bezeichnete Bewegung und die Bildung der Sandrücken. Zur Vervollständigung der Beschreibung dieser letzten Art Bewegung habe ich nur zuzusetzen, dass die einzelnen Körnchen nicht etwa sich in grössern Zwischenräumen auf einander folgen, sondern die ganze Oberfläche des Sandrückens ist gleichzeitig in Bewegung und rückt ziemlich regelmässig die flach geneigte Böschung herauf: hierauf stürzen die Körnchen augenblicklich herab und überdecken sich eines das andere, so dass sie sogleich eine neuen Scheitel des Rückens bilden. Bei diesem Fortrücken des ganzen Sandhügels nimmt derselbe indessen an Höhe nicht zu und dieser Umstand zeigt, dass nicht nur die Körnchen am Fusse der flachen Böschung in Bewegung gesetzt werden, sondern dass das Wasser die ganze vordere geneigte Fläche angreift, wie dies auch wohl nicht anders sein kann. Man bemerkt in der That, dass an ihrem Fusse die Anzahl der in Bewegung gesetzten Körnchen viel geringer ist, als weiter nach dem Scheitel hin, so dass ein Körnchen das andere zu berühren oder die ganze Oberfläche in Bewegung zu sein scheint.

Als ich die vorher regelmässigen Wände des Canales durch setzte Blörcke auf verschiedene Weise beengte, um eine grosse Regelmässigkeit in der Strömung hervorzubringen, wurde so- an einzelnen Stellen der Sand ganz fortgespült und das mer führte denselben im Allgemeinen immer in der Richtung stärksten Stromes fort, und liess ihn fallen, sobald die Ge- windigkeit geringer wurde. So bildeten sich lang ausgezogene Hügel, auf welchen die Bewegung der einzelnen Körnchen ganz in der beschriebenen Art erfolgte. Ein grosser Theil Canalbodens blieb aber jetzt vom Sande frei, und dieses war an solchen Stellen der Fall, wo die Richtung des Stromes hinwies und sonach der Sand auch gar nicht hingetrieben wurde, theils aber verhinderte an manchen Stellen die Heftigkeit des Stromes, obgleich derselbe sehr vielen Sand enthält, jede Ablagerung des letzteren.

Die Erscheinungen, welche die Flussbetten zeigen, stimmen genau mit den eben erwähnten überein: auch in ihnen lagert der Sand in Bänken ab, welche stromaufwärts sehr flach, stromabwärts dagegen sehr steil abfallen, und diese Bänke bewegen sich, wie man zuweilen beobachtet hat, bei schwacher Strömung langsam mit dem Wasser fort. Zur Zeit des Hochwassers jedoch ein anderes Verhältniss ein: der starke Strom greift den Sand in grossen Massen an und treibt ihn schwebend fort, durch in ähnlicher Art wie der kleine Canal bei der Veränderung der Ufer fast plötzlich stellenweise vom Sande entblösst wird, auch das Strombett sehr schnell vertieft oder verflacht. Die Ablagerungen, die sich bilden, haben auch in diesem noch dieselbe Form, und wahrscheinlich erfolgt in ihrer Bildung auch noch dieselbe Bewegung, aber ihr erstes Entstehen geschieht viel rascher, als dass man dabei noch an jene langsame und nur periodisch eintretende Bewegung der einzelnen Körnchen denken könnte: dieselben kommen vielmehr mit der Geschwindigkeit des Wassers selbst an, und sinken sogleich zu Boden, wenn die Strömung schwächer wird.

Je gröber das Material wird, um so stärker muss die Strömung sein, welche dasselbe in Bewegung setzt: daher beobachtet man die Ablagerung des groben Kiesel und noch mehr die des gröberen Geschiebes eine heftigere Strömung, als die des Sandes.

166 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Jedesmal kann man aber annehmen, dass die Strömung oberhalb der Ablagerung stärker war, als unterhalb dieser Stelle, nur die verminderte Geschwindigkeit war Veranlassung, dass Material sich aus dem Wasser ausschied. So findet man in der Richtung der Hauptströmung des Hochwassers die schwersten Gerölle aufgeworfen, und dieses nicht nur im eigentlichen Flussbette, sondern auch auf der Thalsohle und selbst auf den umliegenden Aeckern, wenn irgend eine Veranlassung war, den Strom hierher zu weisen. Namentlich zeigt sich dieses bei Deichbrüchen, wo unmittelbar nach dem Einsturze des Deiches ein sehr heftiger Strom sich zu bilden pflegt: man sieht alsdann häufig so groben Kies auf den Wiesen und Aeckern liegen, wie man ihn in derselben Flussstrecke nicht bemerkt, weil er gewöhnlich in der tiefsten Rinne des Bettes bleibt. Diese Ablagerungen von Kies und Geschiebe zeigen in ihrer Oberfläche eine sehr gleichartige Masse, und dieses offenbar deshalb, weil bei der hier getretenen Verminderung der Geschwindigkeit im Wasser nur gewisse und zwar die schwerste Sorte von Körpern zurückbleiben, alle übrigen aber, die leichter beweglich waren, noch weiter fließen. Interessant ist es, dass die kaum sichtbaren feinen Goldflitter nur so weit ihre Bewegung fortsetzen, als faustgrosse Körner, und mit diesen gemeinschaftlich niedersinken. Daher werden Goldwäschereien am Ufer des Rheins im Badenschen nur an denjenigen Stellen betrieben, wo die Ablagerungen von diesem Material sind. Die erwähnte Gleichmässigkeit des Materials erstreckt sich aber nur auf die Oberfläche, denn in den Zwischenräumen zwischen den Steinen kommt das Wasser zur Ruhe und lässt daselbst die feineren Stoffe niedersinken, woher man nach Abräumung der obern Schichten auch Sand und selbst Thon zwischen dem Gerölle und Geschiebe zu finden pflegt.

Die Anhäufung grosser Sandmassen erfolgt wieder auf ähnliche Weise, wenn die Geschwindigkeit noch geringer wird und der Thon endlich schlägt nur an solchen Stellen nieder, wo die Bewegung des Wassers fast ganz aufhört. Letzteres geschieht nicht leicht in den Flussbetten selbst, aber wohl in Seebassins, die nur vom Hochwasser angefüllt, aber nicht durchströmt werden, vorzugsweise aber erfolgt es auf dem Gras bewachsenen Wiesengrunde oder zwischen Pflanzungen,

von keiner starken Strömung getroffen werden. So füllen sich die Gruben neben dem Unterrhein, aus welchen man die Ziegel-erde entnommen hat, nach wenig Jahren wieder mit seinem Thone an, während das Bette selbst und diejenigen Stellen des Thales, wo ein starker Strom zur Zeit des Hochwassers herübergeht, mit Sand und häufig mit Kies bedeckt sind.

Verfolgt man das Bette eines grossen Stromes auf seine ganze Länge, so ist die Verschiedenheit des Materials, woraus dasselbe besteht, sehr auffallend. Der Rhein führt im Coblenzer Regierungsbezirke sehr grobe Geschiebe mit sich, auch hier zeigen sich an einzelnen Stellen noch faustgrosse Stücke. Bei Düsseldorf ist der Kies schon viel feiner, gegen die Niederländische Grenze zeigt er sich nur selten und die Stückchen haben kaum einen Zoll im Durchmesser. Der Sand gewinnt bei der Ablagerung immer mehr und mehr die Oberhand, und in Holland kommt derselbe nicht nur ausschliesslich vor, sondern die Grösse der Körnchen vermindert sich augenscheinlich auch immer mehr, je weiter man abwärts geht. Die Stufenfolge in der Grösse des Materials ist daher nicht zu verkennen, und gewiss rührt dieselbe in grosser Weise von der Beschaffenheit der Ufer, und zwar nicht nur des Stromes selbst, sondern auch der Nebenflüsse her. Die Nahe, Mosel, Ahr, Sieg, Wipper und Ruhr sind Gebirgsflüsse, welche dem Rhein grosse Massen von Felstrümmern zuführen, die Lippe dagegen liefert ihm nur Sand. Ein zweiter Grund für die Verschiedenheit der Ablagerung ist demnächst aber auch in der Abnahme der Geschwindigkeit zu suchen. Schon oben wurde bemerkt, dass das Gefälle eines Stromes durch das Gewicht des Materials bedingt ist, welches in sein Bette tritt: so würde der Rhein vor der Mündung der zuerst genannten Nebenflüsse vollständig gesperret werden, wenn ihm nicht ein starkes Gefälle hier eine hinreichende Geschwindigkeit ertheilte, um die Steinstücke fort zu treiben. Andererseits aber ist die allmähliche Abnahme des Gefälles und folglich auch der Geschwindigkeit wieder Veranlassung, dass zunächst die schwersten Geschiebe, sodann die grösseren, ferner der Kies und endlich nur Sand im Flussbette abgelagert werden. Es müsste sich sonach bei einem Strome, der nur in dem fernsten Theile seines Laufes mit allen diesen Materialien verunreinigt würde, noch dieselbe Reihenfolge der Ablagerung zeigen;

168 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

vorausgesetzt, dass nicht etwa sein Gefälle überall so stark bliebe, dass er diese Stoffe vollständig, und ohne sie fallen zu lassen nach dem Meere führen könnte. Wenn man daher auf großen Strecken das Bett eines Stromes mit Geschieben bedeckt sieht, so ist dieses noch kein Beweis dafür, dass gar kein Sand überhaupt kein feineres Material mit dem Wasser abgeführt worden und noch weniger darf man annehmen, wie dieses wohl auch geschehen ist, dass das Geschiebe, wie es vom Strome weggetrieben wird, sich nach und nach durch Stossen und Reiben zerkleinert und auf diese Weise zuletzt in Sand verwandelt wird. Es dürfte überflüssig sein, in die Widerlegung dieser Ansicht näher einzugehen, welche mit allen sonstigen Erfahrungen in Widerspruch steht, doch muss ich anführen, dass Frisi hierüber besondere Versuche angestellt hat. Derselbe liess nämlich große Flusskiesel theils unmittelbar durch Handarbeit schütteln und stossen, theils aber brachte er sie in eine Trommel, welche langsam hindurch durch eine Mühle gedreht wurde. Der Erfolg war ganz von der Art, wie er sich vorhersehen liess: die Steine verloren nämlich ihre scharfen Ecken und rundeten sich ab (genau dieselbe Vorrichtung wendet man auch an, um die kleinen Marmor- und Achat-Kugeln darzustellen), das gelöste Material war aber keineswegs Sand, sondern ein sehr fein zertheilter Staub oder Schlamm, nämlich Staub, wenn die Steine trocken, und Schlamm, wenn sie benetzt waren. Bei den vielen Versuchen kam es nur ein einziges Mal vor, dass ein Stein zerbrach, welcher möglicher Weise schon früher einen Riss hatte. Wollte man also die erwähnte Ansicht verfolgen, so müsste man annehmen, dass aus jedem Stein ein Geschiebe im Allgemeinen nur ein einziges Sandkörnchen wird, was gewiss Niemand behaupten wird.

Ueber die Ablagerung der Geschiebe und des feineren Materials sind noch einige auffallende Umstände zu erwähnen. Sofern die Richtung der stärksten Strömung keineswegs immer mit dem kürzesten Wege zusammenfällt, sondern vorzugsweise durch die Höhenlage des Terrains bedingt wird, so ist diese Richtung, wenn keine sonstigen Veränderungen eintreten, angesehentlich vom Wasserstande abhängig. Das Hochwasser verfolgt häufig andere Wege, welche beim gewöhnlichen Wasser vollständig gesperrt sind, und man kann wohl im Allgemeinen annehmen, dass je

ung des Wasserstandes, namentlich in Stromkrümmen, schon Änderung in der Richtung des Hauptstromes veranlasst. geschieht daher sehr häufig, dass der Weg für das kleine oder das eigentliche Flussbette bei starken Anschwellungen Wasser der Richtung der Hauptströmung bleibt, und insofern dann nur ein Baasin zur Seite des Hauptstromes bildet, so stark verflücht zu werden. Besonders auffallend geschieht an denjenigen Stellen, wo die Strömung das Bette verlässt oder in dasselbe eintritt, noch mehr aber, wo sie es kreuzt oder berührt geht.

Sehr auffallend gestalten sich aus demselben Grunde auch Mündungen der Nebenflüsse, namentlich wenn sie ein Gefälle haben und viel Material dem Hauptstrome zuführen, seit ihrer Anschwellung, wo sie letzteres besonders reichlich thun, ist gewöhnlich auch der Hauptstrom angeschwollen. Verbindung beider geschieht daher diesem Wasserstande entsprechend in einer bedeutenden Höhe über dem niedrigen Wasser, der Nebenstrom findet bei seiner Ausmündung ein sehr weites Thor, in welchem das Material und namentlich das Geschiebe zu Boden sinkt. Vorzugsweise erfolgt diese Ablagerung nach der Richtung, in welcher das Wasser strömt, das heisst dem Hauptstrome abwärts gerichtet. Fällt später das Wasser, so werden diese Ablagerungen den Abfluss des Baches in seiner alten Richtung, und häufig sieht man in diesem Falle grosse Felsen ganz trocken liegen, um welche der Bach sich herumwindet, indem er diejenige Stelle aufsucht, wo das wenigste Hindernis hingekommen ist, und dieses geschieht gemeinhin an der aufwärtsgekehrten Seite seiner Mündung. In dieser Art geschieht sich fast alle Mündungen der Nebenflüsse der Mosel, und zuweilen traten die Kiesbänke so weit in die Mosel hinein, dass dieselbe auf einen sehr geringen Theil ihrer sonstigen Breite eingeengt und so stark aufgestaut wurde, dass eine heftige Fluth sich längs der Kiesbank bildete. Namentlich geschah dieses neben dem Städtchen Cochem. Die Mündung der Mosel in den Rhein hat sich in ähnlicher Weise gestaltet, und es liegen weit ausgedehnte Sandflächen.

Wenn der Nebenfluss ungefähr dasselbe Gefälle, wie der Hauptstrom hat, und seine Mündung ziemlich regelmässig strom-

470 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

abwärts gekehrt ist, bilden sich gleichfalls oberhalb des Vereinigungspunktes Untiefen, deren Entstehung noch besonders erklärt werden muss. Sobald nämlich einer von beiden Strömen ansetzt, während der andere nicht in gleicher Weise wächst, so bildet die Mündung des letzteren ein Seitenbassin, das vom Hauptstrom nicht getroffen, wohl aber durch das höhere Wasser derselben angefüllt wird. Die Stoffe, welche der angeschwollene Strom mit sich führt, treten daher auch in das Bett des andern Stroms und fallen daselbst reichlich nieder. Sobald aber der zweite Strom die grösste Höhe erreicht, so verflücht er umgekehrt wieder das Bett des ersteren, und auf diese Weise leiden beide Mündungen und können nicht diejenige Tiefe erhalten, welche sie haben würden, wenn die Confluenz hier nicht stattfände. Derselbe Umstand giebt zum Entstehen der Untiefen am obern und untern Ende der Inseln Veranlassung: je nachdem der Wasserstand sich ändert, wird gemeinhin bald der eine, bald der andere Arm des Hauptstroms, und dadurch verlandet jedesmal die Ein- und Ausmündung desjenigen Armes, wo grade der schwächere Strom hindurchgeht.

Die Inseln sind aus dem eben erwähnten Grunde für den Strom im Allgemeinen höchst nachtheilig, und man muss sich daher bemühen, ihrem Entstehen vorzubeugen. Es ist mehrmals als Erfahrungssatz ausgesprochen worden, dass eine Insel niemals unmittelbar bildet, sondern jedesmal eine Landzunge, die vom Ufer aus stromabwärts vortritt, durch später erfolgten Abbruch ihres obern Theiles sich zu einer Insel umgestaltet. Ich habe diese Ansicht immer bestätigt gefunden, doch muss ich bemerken, dass die erwähnte Landzunge vor ihrem Durchbruche gewöhnlich so niedrig bleibt, dass sie nur beim kleinen Wasser sichtbar ist, oder sie auch wohl überhaupt sich nur als eine Untiefe oder Bänke darstellt. Der Geheimrath Regierungsrath Eversmann hatte in seiner fast 50jährigen höchst erfolgreichen Wirksamkeit am Unterrhein die Inseln nur auf diese Weise entstehen sehen, und niemals bemerkt, dass eine solche unmittelbar im Strombette selbst erschienen wäre.

*) Minard giebt in seinem *Cours de Construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux*. Paris 1810 auf Seite 13 dieselbe Erklärung über die Entstehung der Inseln.

sich daher auch wohl Verhältnisse denken liessen, unter die Anhäufung des Sandes oder Kieses zu einer Insel Zusammenhang mit den Ufern erfolgen könnte, so kommen sie gewiss nur sehr selten vor. Gewöhnlich geschieht es, der Strom in Folge einer starken Annäherung gegen das Ufer dasselbe abbricht und die gelösten Materialien an der Mündung fallen lässt, wo er in sein früheres Bett zurücktritt. Hier bildet die Stoffe eine Untiefe, welche in Form einer schmalen Rinne vom Ufer aus nach der Mitte des Bettes vortritt: dieselbe folgt der Richtung des stärksten Stromes. Diese Ablagerung wächst nach und nach immer höher und sperrt zum Theil das Bett ab. Hierdurch wird aber der Abfluss des Wassers gehindert, und der Strom versetzt daher wieder das obere Ende des Bettes in Abbruch, namentlich wenn in der Zwischenzeit auch ein Angriff gegen das Ufer fort dauerte und dasselbe noch weiter auswich. Sobald der obere Anschluss der Untiefe durchbrochen ist, eine tiefe Rinne hier gebildet ist, so ist die Spaltung des Bettes gelungen, und der zwischenliegende Grund, den die von beiden Seitenströmungen direct trifft, der aber von beiden Seiten Material verschoben wird, erhöht sich immer mehr, und sobald er zum mittlern Wasserstande herauf gewachsen ist, so findet gewöhnlich ein Aufschlag von Weiden darauf ein, welcher mehr zur Beruhigung des Wassers beiträgt und dadurch nicht nur die Insel erhöht, sondern sie auch stromabwärts ausdehnt.

Bemerklich verdient hier noch die starke Ablagerung des feineren Sandes neben dem Flussbette eine besondere Erwähnung: ist wenn der Fluss über die Ufer getreten, so wird in vielen Fällen die Hauptströmung noch immer im Bette bleiben: der Sand wird nicht bedeutend weit über die Ufer getrieben, dagegen tritt er während auf die Ränder desselben und fällt hier nieder. Umtheils treten aber auch die Thontheilchen aus dem eigentlichen Strom viel reichlicher auf die nächsten Theile der Ufer, als die entfernteren, und so geschieht es, dass in beiden Fällen jene sich weit stärker erhöhen, als diese, und man zuweilen eine Art von natürlichen Deichen zur Seite des Flusses sieht. Sehr auffallend ist diese Erscheinung unter andern an der Lippe, woselbst das Wasser beim Beginn der Anfluthungen durch diese Uferränder verhindert wird, sich sogleich

172 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

über die Thalfläche zu verbreiten. Am Mississippi und an
ist dasselbe bemerkt worden *).

§. 57.

Verschiedene Wasserstände.

Die Höhe des Wasserspiegels ist an jeder Stelle des Stroms durch die Wassermenge bedingt: wenn diese sich vergrößert, so steigt das Wasser und entgegengesetzten Falles sinkt es. Es ändert sich dabei freilich auch die Stärke der Strömung, nicht in dem Maasse, dass sie allein die Aenderung des Zolls ausgleichen könnte, es muss also auch der Flächeninhalt des Querschnittes vom Strome eine Aenderung erleiden, und diese solche kann nur durch die Erhebung oder Senkung des Niveaus sich darstellen.

Die Quantität des zufließenden Wassers hängt wieder von den atmosphärischen Niederschlägen ab, welche, wie schon früher erwähnt, höchst ungleichmässig auf das ganze Jahr vertheilt sind. Sammeln sich diese Niederschläge unmittelbar in einem Bache und wird derselbe durch keine eigentlichen Quellen gespeist, zeigt er dieselbe Veränderlichkeit, wie die Witterung: bei starken Regengüssen und ebenso beim Schmelzen des Schnees schwillt in kurzer Zeit heftig an, und versiegt wieder sehr schnell, sobald trocknes Wetter eintritt. Die kleinern Gebirgsflüsse und noch mehr die Bäche, welche auf den Bergen ihre Zuflüsse sammeln, charakterisiren sich durch diese Eigenthümlichkeit: von den abgeneigten Ufern fließt das Wasser sehr schnell in das Bett hinab und der feste und undurchdringliche Boden giebt keine Veranlassung dazu, dass ein Theil sich in denselben hineinzieht, um zu einer nachhaltigen Speisung der Quellen dienen könnte.

Sobald der Weg, den das Wasser zu durchlaufen hat, eine grössere Ausdehnung gewinnt, so erfolgt hier schon gewöhnlich maassen eine Ausgleichung, wie Prony dieses durch ein sehr einfaches Experiment nachgewiesen hat **). Der Grund davon liegt darin, dass die Fluthwelle nicht nur das eigentliche Bett, sondern

*) *Mich. Chevalier Histoire et description des vötes de communication aux états unis*, I. p. 75.

**) Vergleiche I. §. 27.

die Niederungen zur Seite füllen muss, und indem die das aufgesammelte Wasser später wieder dem Flusse zu-, so dehnt sich die Dauer der Anschwellung um so länger je weiter der Weg ist, den sie zurücklegt. Weit vollständiger wird die Ausgleichung des abzuführenden Wassers aber heraus, die atmosphärischen Niederschläge zunächst in weit ausgedehnten Bassins aufgenommen werden und aus diesen erst in Flussbetten treten. Am häufigsten sind es Sumpfigegenden, die in dieser Weise als Regulatoren dienen, und diejenigen, welche aus solchen ihr Wasser erhalten, zeigen schon viel grössere Gleichmässigkeit und versiegen nie mehr. Noch vollständiger erfolgt aber die Ausgleichung der Zuflüsse, wenn Wasser in weiten Seen aufgenommen wird und aus diesen in Flussbetten tritt: so verändert der Spirding-See ohnerachtet reichen Quellen, die er aufnimmt, im Laufe des Jahres seinen durchschnittlich nicht mehr als um einen Fuss: in seinem Quadratmeilen grossen Becken sammelt sich der Niederschlag auf 32 Quadratmeilen Oberfläche an, und speist das ganze Jahr durch sehr reichlich den Pisseck-Fluss, dem selbst in der kaltesten Jahreszeit noch über 200 Cubikfuss in der Secunde zufließen werden. Der grosse Vortheil eines solchen gleichmässigen Zuflusses besteht theils darin, dass selbst in der trockensten Jahreszeit eine für den Betrieb der Schifffahrt hinreichende Wassermenge im Strome bleibt, theils aber fehlen hier auch die heftigen Anschwellungen, welche auf die umgebenden Ländereien nachtheilig wirken und die Ufer verheeren. Ein dritter wohlthätiger Einfluss der Seen, dessen schon früher erwähnt worden, besteht endlich darauf, dass sie die Geschiebe und das feinere Material des Stromes aufnehmen und dadurch die untere Stromschnelle vor den nachtheiligen Ablagerungen derselben sicher stellen.

Das grossartigste Beispiel von der Ausgleichung des Wasserstandes durch ausgedehnte Wasserbecken, welche mit den Strömen in Verbindung stehen, ist die Kette von Seen, welche in Nordamerika der St. Lorenzstrom durchfliesst. In diesen Seen selbst findet keine bedeutende Aenderung des Wasserspiegels vor*),

*) *Stevenson sketch on the Civil Engineering in North-America* p. 68. Dasselbst ist zwar von einer Anschwellung des Eric-Sees

174 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

und selbst bei der Einmündung des Ottawa in den St. Lawrence (sofern Montreal), soll der Unterschied zwischen dem bekanntesten höchsten und kleinsten Wasserstande nur $\frac{1}{2}$ Meter *) oder 1 Fuß 7 Zoll betragen.

Ganz anders ist das Verhalten derjenigen Ströme, welche Gebirgsgegenden entspringen und weder ausgedehnte Niederungen berühren, noch nach Seen durchfliessen; die Ruhr liefert bei einer Ausdehnung des Flussgebietes von etwa 94 Quadratmeilen zur Zeit des kleinsten Wassers nur 277 Cubikfuss **): dagegen erhebt sie zur Zeit des Hochwassers an einzelnen Stellen bis 17 Fuß über den niedrigsten Wasserstand an. Eben so führte die Leine zur Zeit des sehr niedrigen Wasserstandes im October 1842 unterhalb Wetzlar nur etwa 200 Cubikfuss ab, während die Ausdehnung ihres Flussgebietes für diese Stelle ungefähr 83 Quadratmeilen misst. Der Unterschied zwischen dem höchsten und kleinsten Wasser beträgt bei Leun unterhalb Wetzlar 10 bis 12 Fuss.

Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, dass der Wasserstand eines Stromes vorzugsweise von der Reichhaltigkeit seiner Zuflüsse, oder wenn er aus grossen Seen gespeist wird, von dem Wasserstande in diesen abhängt; beide Umstände sind aber wieder durch die Witterungsverhältnisse bedingt, und da letztere im Laufe jeden Jahres sich mit ziemlicher Regelmässigkeit wiederholen, so stellen sich in derselben Periode auch eben so regelmässige Veränderungen des Wasserstandes im Strome ein. In fassen die Beobachtungen einen Zeitraum von mehreren Jahren zusammen lässt sich darnach der mittlere Wasserstand für jeden Monat berechnen, und zugleich die Grenze bezeichnen, bis zu welcher die in jedem Monat eintretenden höchsten Anschwellungen oder tiefsten Senkungen durchschnittlich zu steigen oder zu fallen pflegen. Ermittlungen dieser Art sind nicht nur für die zweckmässige Ausführung der Bauten am Strome von grosser Wichtig-

die Rede, die in der Periode von 7 Jahren wiederkehren und 2 Fuss betragen soll, doch sagt der Verfasser selbst, dass die Sache nicht gehörig aufgeklärt sei.

*) M. Chevalier *histoire et description des vases de communication aux états unis* I. p. 46.

**) Der Ruhrstrom und seine Schifffahrtsverhältnisse von L. Reuss Essen 1840, Seite 4.

sondern sie dienen auch besonders dazu, die Eigenthümlichkeiten der Ströme genau kennen zu lernen. Ueber die Messungen wird im Folgenden ausführlich die Rede sein: die Resultate eben, die ich beispielsweise für den Rhein und die Weser anget habe, müssen aber schon hier mitgetheilt werden. Sie lassen sich am deutlichsten dar, wenn man sie als Curven aufzeichnet und zwar so, dass die Zeit als Abscisse und die beobachtete Höhe als Ordinate angenommen wird. Die Tafeln XXVIII, XXIX, enthalten verschiedene Zeichnungen dieser Art.

Fig. 66 Taf. XXIX. zeigt in den ausgezogenen Linien die erwähnten mittleren monatlichen Wasserstände, für verschiedene Beobachtungsorte an der Weser. Die Höhen sind nach 10jährigen Beobachtungen aus den Jahren 1833 bis 1842 berechnet, und zwar sind sie auf den mittlern Wasserstand dieser 10jährigen Periode reducirt, der unter dem Beobachtungsorte beigemessen und in der Scale in der mit Null bezeichneten Höhe genommen ist. Es ergibt sich hieraus, dass der Wasserstand im Januar und März am höchsten und im September am niedrigsten zu sein pflegt, der Unterschied zwischen den mittleren Wasserständen dieser Monate beträgt durchschnittlich zwischen 4 und 5 Fuss. Die punktirten Linien in denselben Figuren bezeichnen die Höhe des arithmetischen Mittels aus den höchsten und niedrigsten Wasserständen, die in jedem Monate während derselben Periode vorgekommen sind.

Die einzelnen Beobachtungsorte zeigen wesentliche Verschiedenheiten, so z. B. beträgt bei Eisberge der Unterschied zwischen dem mittleren Wasserstande im März und September 5 Fuss 9 Zoll, bei Vlotho dagegen (nahe 2 Meilen davon entfernt) nur 3 Fuss 9 Zoll. Diese Abweichung ist im vorliegenden Falle in der Verschiedenheit des nächst unterhalb belegenen Flussbettes begründet. Die relativen Gefälle stellen sich zwar für die ganzen Strecken ziemlich gleichmässig dar: dasselbe beträgt nämlich zwischen Eisberge und Vlotho $\frac{1}{2913}$ und zwischen Vlotho und Minden $\frac{1}{2789}$. Zunächst unterhalb Vlotho befindet sich aber eine starke Stromschnelle, die Vlothoer Gosse, welche die Abführung der Fluthen sehr erleichtert, und überdies tritt der Strom hier in ein mehr geöffnetes Thal, welches in dieser Beziehung gleichfalls eine Anschwellung wässigt.

176 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Ausserdem können die Zuflüsse auch wesentliche Abweichungen für verschiedene Beobachtungsorte bedingen; im vorliegenden Beispiele scheinen sie auf die mittlern Wasserstände der einzeln Monate keinen grossen Einfluss auszuüben, aber die Anomalie betreff der höchsten Wasserstände, die bald in den Januar, bald in den Februar fallen, scheint vorzugsweise durch sie veranlasst zu werden.

In Fig. 65 sind die Wasserstände für Lüchtringen, Eisleben und Schlüsselburg, während des Zeitraumes von Mitte Mai gegen Ende Juli des Jahres 1843, aufgetragen, und zwar noch auf den mittlern Wasserstand reducirt worden. Es ergibt sich aus dieser Zusammenstellung noch deutlicher, wie die Anschwellungen an verschiedenen Stellen des Stromes eine sehr verschiedene Höhe erreichen, und zwar ist dieser Unterschied nicht constant, sondern bald stellt sich die Höhe an dem einen und bald an dem andern Orte grösser heraus. Es muss hiernächst aber noch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, wie die Anschwellungen viel schneller eintreten als verschwinden, indem alle Fluthwellen in der Zeichnung an ihrer vordern Seite steiler sind, als an der hintern. Auch die fast gleichzeitige Verbreitung der Anschwellung über die ganze Stromstrecke, welche die Beobachtungen umfassen, verdient Erwähnung. Bei der Anschwellung in der Mitte des Monats Juni war an den drei Beobachtungsorten an demselben Tage die stärkste Erhebung des Wasserstandes eingetreten; beim Hochwasser im Mai und Juli war dagegen der höchste Wasserstand in Lüchtringen nur einen Tag früher, als in Schlüsselburg beobachtet, obgleich die Entfernung beider Orte von einander nach der Länge des Stromlaufes 21 Meilen beträgt.

Ich habe ferner in Fig. 67 die Wasserstände zusammengestellt, welche an den verschiedenen Pegeln, wenn auch nicht ganz gleichzeitig, doch als Folge derselben Anschwellung beobachtet wurden; die angegebenen Höhen bezeichnen nämlich die Maxima oder die Minima des Wasserstandes. Die obere Linie bezieht sich auf den ungewöhnlich hohen Wasserstand am 19. und 20. Januar 1841. Die Beobachtung desselben ist zum Theil nicht ganz sicher, indem die Pegel bei Höxter, Lüchtringen und Vlotho theils durch das Eis beschädigt, theils aber durch Versetzung desselben

getrennt wurden. Die folgenden Linien bezeichnen sämmtlich Wasserstände bei offenem Strome, wobei also der Eis- oder der Eisstand keinen Einfluss hatte. Es giebt sich in grossentheils eine gewisse Regelmässigkeit zu erkennen, am auffallendsten ist hierbei der Unterschied zwischen Eis- und Vlotho, der sich aus der bereits erwähnten Beschaffenheit des Flussethales erklärt. Dieser Unterschied wird aber für die Wasserstände immer geringer, bis er etwa bei dem Wasserstande von 2 Fuss unter dem mittleren ganz verschwindet. Auffallend ist es, dass er bei einem noch niedrigeren Wasserstande sich in entgegengesetztem Sinne zeigt, so dass der Pegel Vlotho alsdann eine verhältnissmässig grössere Höhe, als der Pegel überge markirt. Die in dieser Zusammenstellung angegebenen verschiedenen Wasserstände würden, augenscheinlich eine andere Höhe des mittleren Standes bedingen, wenn in ähnlicher Weise das Gefälle der Weser sich jederzeit vertheilen würde. Dieses geschieht aber nur, wenn der Wasserstand eine gewisse Dauer hat oder er sich als Maximum oder Minimum stellt. In allen andern Fällen zeigen sich die verschiedensten Abweichungen, und von diesen hängt vorzugsweise der berechnete mittlere Wasserstand ab.

Bei der zuletzt erwähnten Zusammenstellung habe ich ausschliesslich die Beobachtungen aus den letzten Jahren benutzt, die ein Strombette, wie bereits erwähnt worden, fortwährenden Veränderungen unterworfen ist, welche wieder die Höhe der Wasserstände bedingen. Namentlich sind solche Aenderungen in dem Strome zu erwarten, wenn bedeutende Correctionsarbeiten vorgenommen werden. Seit etwa 12 Jahren hat man im Preussischen Rheine die Regulirung der Weser sehr kräftig betrieben und fast über die ganze Länge des Stromes die frühern Schiffahrtshindernisse beseitigt. Der Einfluss dieser Bauten giebt sich auch in den Wasserstandsbeobachtungen zu erkennen. Ich habe in der Tabelle Fig. 68 die in jedem Jahre von 1819 bis 1843 beobachteten niedrigsten Wasserstände (jedoch mit Ausnahme derjenigen, die beim Eisgange oder bei Eisversetzungen eintreten) zusammengestellt, und zwar wieder, nachdem sie auf die mittleren Wasserstände reducirt waren. Es ergiebt sich hieraus, wie seit dem Jahre 1830 wesentlich verschiedene Verhältnisse eingetreten sind.

178 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

sind. Dass im Allgemeinen die in der letzten Zeit an den verschiedenen Pegeln beobachteten niedrigsten Wasserstände viel zusammenfallen, als es früher geschah, erklärt sich dadurch, die mittlern Wasserstände aus den neusten Beobachtungen (1833 — 1842) hergeleitet sind, und sonach der Nullpunkt dieser Scale nach einer Rechnung ermittelt ist, worin wohl die letzten, aber nicht die früheren niedrigsten Wasserstände mit benutzt sind. Die Wasserstände von Vlotho und Minden und die von Petershagen und Schlüsselburg haben sich im Laufe der Zeit gegen einander nicht wesentlich verändert: aber eine bedeutende Aenderung ist in der gegenseitigen Lage der beiden gegen die letzten eingetreten. Für die gewählte Reife waren sie vor dem Jahre 1830 etwa um einen Fuss von einander verschieden, später sind sie aber so nahe zusammen gerückt, dass sie sich zum Theil sogar kreuzen. Namentlich ist die Aenderung des Wasserstandes bei Minden gegen den bei Schlüsselburg auffallend, und es ist wohl nicht in Abrede zu stellen, dass bedeutenden Correctionen unterhalb Minden hierauf Einfluss zu haben, während andererseits die Untiefen unterhalb Schlüsselburg in demselben Zeitraume zunahmen und daher hier der Wasserspiegel sich heben musste. Dergleichen Senkungen des Wasserspiegels treten wahrscheinlich bei den meisten Stromcorrectionen ein, und hierin liegt der Grund, weshalb die Fundamente der Brücken und ebenso die Drempe der Schleusen gegen das niedrige Wasser ziemlich allgemein in neuester Zeit eine höhere Lage annehmen, als sie bisher hatten. Nach dem vorliegenden Beobachtungsbedarf man indessen nicht besorgen, dass eine so starke Reue des Gefälles eintreten könne, dass dadurch die Schifffahrt gefährdet wird. Das Gefälle zwischen Minden und Schlüsselburg beträgt 34 Fuss, und hat sich in der letzten Zeit beim kleinsten Wasserstande vielleicht um 1 Fuss vermindert, der Unterschied also so unbedeutend, dass er nicht als nachtheilig angesehen werden kann, wie wohl er allerdings eine grössere Vertiefung der Fahrrinnen bedingt, als vielleicht anfangs nothwendig erschien. Hierbei muss indessen noch bemerkt werden, dass keineswegs der Mangel an Wassertiefe allein der Schifffahrt hinderlich ist, deren Beseitigung sonach nicht der einzige Zweck der Regulirung war, in noch viel höherem Grade erfordert die Schifffahrt

dasiges Fahrwasser, das leicht aufgefunden und eingehalten werden kann, denn eine schmale und krumme Rinne, wenn sie auch eine hinreichende Tiefe hat, ist für den Schiffer ohne Nutzen, indem er sie nicht verfolgen kann.

Hienächst theile ich ähnliche Zusammenstellungen der Wasserstände des Rheins mit; ich habe dieselben, soweit es mir bekannt war, auf die ganze Länge seines Laufes ausgedehnt; erhalten jedoch dabei alle Beobachtungen in der sehr wichtigen Strecke zwischen Ketsch oberhalb Mannheim und Bacharach, welche der Neckar, der Main und die Nahe einmünden.

Fig. 64, Taf. XXVIII. zeigt wieder die im Anfange des Jahres 1843 zu Bacharach, Coblenz, Cöln, Düsseldorf, Wesel und Emmerich angestellten Wasserstandsbeobachtungen. Dieselben sind auf den mittleren Wasserstand reducirt, wenn die Linien noch stärker zusammenfallen würden, als es jetzt schon der Fall ist. Es ergibt sich hieraus wieder, dass die Anschwellungen in der kurzen Zeit von 1 bis 2 Tagen den über 40 Meilen langen Weg von Bacharach bis Emmerich zurücklegen, und dass sie gleichfalls viel schneller eintreten, als verschwinden. Dabei lassen sie aber in den Höhen, die sie an den verschiedenen Beobachtungsorten erreichen, sehr vielfache Anomalien zu erkennen, man theils aus der Beschaffenheit des Thales, vorzugsweise aber aus der abwechselnden Ergiebigkeit der Seitenzuflüsse erklären muss.

Für alle Punkte, von denen ich mir ausgedehnte Beobachtungen verschaffen konnte, habe ich die mittleren Wasserstände jeden Monats und die arithmetischen Mittel aus den höchsten, sowie auch aus den niedrigsten Wasserständen für jeden Monat berechnet. Fig. 69, Taf. XXX. enthält die Resultate dieser Berechnungen. Dabei sind die Höhen auf den mittlern Wasserstand reducirt, der jedesmal in der mit Null bezeichneten Linie liegt. Der mittlere Wasserstand ist nach dem Maasse des betreffenden Ortes unter dem Beobachtungsorte beigeschrieben, für die Aufzeichnung der Scalen ist aber das Preussische Fussmass eingeführt worden. Die in Friedrichshafen angestellten Beobachtungen hat Herr *) mitgetheilt: die Wasserstände für Basol, Kehl und

*) Jahresberichte der Witterungsverhältnisse in Württemberg.

180 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Lauterburg sind aus Defontaine's Angaben *) entnommen, endlich habe ich für die Holländischen Beobachtungen die Tabelle benutzt, welche von Krayenhoff **) darüber mittheilt. Durch im Preussischen angestellten Beobachtungen sind die mittleren Wasserstände aus der Periode von 1833 — 1842 hergeleitet, auswärtigen Beobachtungen umfassen verschiedene Zeiträume, ausgezogene Linie bezeichnet auch hier den mittleren Wasserstand, die punktirten Linien dagegen die arithmetischen Mittel der höchsten und niedrigsten Wasserständen.

Die auffallendste Erscheinung, welche der erste Anblick der Scalen erkennen lässt, ist die Verschiedenheit der Zeit des Eintritts des Hochwassers: vom Bodensee bis Ketsch erfolgt derselbe durchschnittlich im Monat Juli, von Bacharach abwärts im Februar. Der obere Theil des Stromes wird also durch die Wasserstände des Bodensees normirt, welche durch das Schmelzen des Eises der Schweiz bedingt sind, und diese Anschwellungen gehen bis Vianen noch deutlich zu erkennen. Die Seitenzuflüsse werden aber auf eine andere Weise gespeist und schwellen, ähnlich der Weser, im ersten Frühjahr oder beim Abgange des Winteres am stärksten an: indem sie ihre Fluthen dem Rhein zuführen, haben sie immer mehr und mehr den Wasserspiegel desselben erhöht und bewirken in ihm eine viel höhere Anschwellung, als der höchste Wasserstand im Bodensee veranlassen konnte.

Die grössere oder mindere Erhebung des Wasserspiegels über den mittleren Wasserstand ist an den verschiedenen Orten, theils durch die Beschaffenheit des zunächst unterhalb belogenen Strombettes, theils aber durch die Zuflüsse in der Nähe bedingt. Die geringe Erhebung des mittleren Wasserstandes für den Monat Januar bei Coblenz dürfte wohl allein dadurch zu erklären sein, dass der dortige Pegel nicht allein durch die Fluthen des Rheins, sondern auch durch die der Mosel bedingt ist, und indem der Eisgang und die damit verbundene Anschwellung in beiden Flüssen nicht gleichzeitig eintritt, so treffen diese Wasserrissen nicht zusammen, sondern eine wird nach der andern abgeführt, und

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1833. II.

**) Verzameling van hydrographische en topographische Waarnemingen. Amsterdam 1813.

ng des Wasserspiegels stellt sich sonach viel mässiger als sie entgegengesetzten Falls sein würde. Die grossen An-
schwellungen bei Basel, Bacharach, Ruhrort und Wesel erklären
sich durch die Beschränkung der unterhalb befindlichen
Profile.

Fig. 70. Taf. XXXI. stellt die erwähnten Anschwellungen in
mittleren Grössen an den verschiedenen Stellen noch deut-
licher. Die mit Null bezeichnete Linie ist der mittlere Wasser-
stand wie er auf dem vorhergehenden Blatte angegeben worden
ist. Die durchgezogenen Linien bezeichnen die arithmetischen Mittel
der höchsten und niedrigsten Wasserstände jedes Jahres;
es zeigt, dass die Anschwellungen in Ruhrort sich im Allge-
meinen am höchsten herausstellen, während sie im Bodensee am
niedrigsten sind; dagegen sinkt der Wasserspiegel wieder im Boden-
see am wenigsten und dagegen bei Wesel am tiefsten unter seinen
gewöhnlichen Stand herab. Die drei punktirten Linien markiren die
mittleren Wasserstände, sowie auch die durchschnittlich höchsten
und niedrigsten Wasserstände im Monat Juli, sie stellen also die
in der Schweiz herrührenden Anschwellungen dar, welche strom-
aufwärts immer unbedeutender werden. Sehr entsprechend diesen
Anschwellungen, jedoch ganz symmetrisch im entgegengesetzten Sinne ge-
bildet, sind die drei ausgezogenen Linien, welche die mittleren
höchsten und niedrigsten Wasserstände im Monat Februar bezeichnen;
letztere bedingen die höchsten Anschwellungen am Unterrhein. Diese symmetrische Gestaltung
der Curven für den Februar und Juli ist nur eine Folge davon,
dass der allgemeine mittlere Wasserstand in der geraden Linie
angenommen ist: je grösser der Einfluss der einen Anschwellung
auf die Bestimmung dieses mittleren Wasserstandes ist, um so
grösser muss der der andern sein, daher kommt es, dass die eine
Curve steigt, wenn die andere sinkt. Die auffallende Aus-
nahme, welche in dieser Beziehung Bacharach zeigt, erklärt sich
durch die starken Anschwellungen, welche hier regelmässig durch
Übersetzungen hervorgebracht werden, und welche Ursache sind,
dass der mittlere Wasserstand hier unverhältnissmässig hoch sich
ausgestellt hat. Wenn man diese hohen und gewöhnlich lange
haltenden Wasserstände unbeachtet lassen dürfte, so würden die
gewöhnlichen Curven bei Bacharach sich zugleich mit dem mitt-

182 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

leren Wasserstände senken, und dadurch würden sie auch entsprechender Weise gekrümmt sein.

Endlich habe ich in Fig. 71 noch die mittleren, sowie absolut höchsten und niedrigsten Wasserstände jedes Jahres 1800 bis 1843 für Düsseldorf berechnet. Eine gewisse periodisch wiederkehrende Erhebung und Senkung giebt sich dabei nicht erkennen, aber eben so wenig bemerkt man, dass die mittleren oder die niedrigsten Wasserstände im Laufe der Zeit sich verändern. Wenigstens ergiebt diese Scale, dass wenn eine solche Senkung dennoch vorhanden wäre, sie höchst unbedeutend sein würde und sich selbst in dem langen Zeitraume von 44 Jahren mit Sicherheit nachweisen liesse.

Ich versuchte es, einzelne Beharrungswasserstände und namentlich die höchsten Anschwellungen auch auf dem Rheine durch verschiedenen Beobachtungsorte zu verfolgen: dieses war für längere Strecken nicht möglich, indem theils die vorliegenden Beobachtungen nicht dieselben Zeiträume umfassten, theils auch die Einwirkung der Seitenzuflüsse sich gewöhnlich so geltend herausstellte, dass es gar nicht zu ermitteln war, ob die vorkommenden Anschwellungen von den letzteren oder vom Rheine herrühren. Ich will indessen hier einige Angaben mittheilen, die einigermaßen zur Beurtheilung der Geschwindigkeit der Fluthen können, mit welcher die Fluthen fortschreiten. Die nachstehend bezeichneten Tage sind diejenigen, an welchen der Wasserstand jedesmal die grösste Höhe erreichte.

In Basel	den 1. Juli 1818.
in Kehl	- 4. - -
- Köln	- 7. - -
- Düsseldorf	- 6. - -
- Ruhrort und Wesel	- 6. - -
- Rees, Emmerich und Arnheim	- 9. - -
ein anderes Maximum	
in Basel und Kehl	den 22. Decbr. 1819.
- Sölingen	- 23. - -
- Bacharach und Coblenz	- 25. - -
- Köln und Düsseldorf	- 26. - -
- Ruhrort	- 27. - -

in Wesel	den 28. Decbr. 1810.
- Emmerich	- 29. - -

ruher

in Basel und Kehl	den 27. August 1824.
- Coblenz	- 31. - -
- Bonn und Ruhrort	- 1. Septbr. -
- Wesel und Rees	- 2. - -

und endlich trat eine besonders hohe Anschwellung ein

in Basel und Kehl	den 4. Novbr. 1824.
- Coblenz und Cöln	- 5. - -
- Düsseldorf und Ruhrort	- 6. - -
- Wesel, Rees und Emmerich	- 7. - -

Das sehr schnelle Vorrücken des Hochwassers im letzten Falle läßt ohne Zweifel seinen Grund darin, dass der im ganzen Stromgebiete gleichzeitig eintretende starke Regen in den Nebenflüssen und durch diese auch im untern Rhein schon die höchste Anschwellung hervorbrachte, bevor die Fluthen vom Oberrhein herabkamen. Nach den vorstehenden vier Beobachtungen legt das Hochwasser den Weg von Basel bis Coblenz oder Cöln durchschnittlich in $3\frac{1}{2}$ und von hier bis Emmerich in $2\frac{1}{2}$ Tagen zurück; es durchläuft also von Basel bis gegen Bonn durchschnittlich an einem Tage 19, und von Bonn bis Emmerich 9 Meilen: die Geschwindigkeit beträgt daher respective $5\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ Fuss in der Secunde. Die erste Geschwindigkeit stimmt mit derjenigen ziemlich nahe überein, welche die Anschwellungen in der Weser nach den vorstehenden Mittheilungen zu haben scheinen. Es ergiebt sich indessen aus den Beobachtungen für beide Ströme, dass im Allgemeinen das Fortschreiten des Hochwassers immer um so schneller erfolgt, je höher es ist, und dass geringe Anschwellungen sich sehr langsam bewegen.

Hiernach müsste in solchen Strömen, die wegen der weiten Verbreitung der Niederungen, welche sie durchfliessen, nur geringe Anschwellungen zeigen, auch die Geschwindigkeit der letztern sehr unbedeutend bleiben. Dieses bestätigt sich auf eine sehr auffallende Art an der Spree. Der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande jedes Jahres beträgt für dieselbe durchschnittlich

184 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

im Oberwasser bei Cottbus	34 Fuss
im Unterwasser daselbst	4½ -
bei Beeskow	4½ -
im Oberwasser bei Berlin	3½ -
im Unterwasser daselbst	4½ -

Die periodisch eintretenden Veränderungen des Wasserstandes stellen sich hiernach sehr geringe heraus, und es ist in vielen Fällen ganz unmöglich, mit Sicherheit zu erkennen, ob die an den verschiedenen Pegeln beobachteten Hochwasser wirklich die Fluth derselben Fluthen sind. Nichts desto weniger giebt sich doch an den Anschwellungen zur Zeit des Abganges des Eises eine gewisse Regelmässigkeit in dem Fortschreiten des höchsten Wasserstandes zu erkennen, und zwar tritt das höchste Wasser in Beeskow durchschnittlich 14 Tage später als in Cottbus und in Berlin wieder um 14 Tage später als in Beeskow ein. Die Entfernungen betragen respective 15 und 12 Meilen. Die Fluth bewegt sich also mit der sehr geringen Geschwindigkeit von nur $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{4}$ Fuss in der Secunde und legt an einem Tage auch keine volle Meile zurück.

Bei kleinen Flüssen, welche zur Zeit eines niedrigen Wasserstandes nur nothdürftig die daran gelegenen Mühlen im Betriebe erhalten, und welche ganz oder doch grossentheils gesperrt werden, sobald die Mühle nicht arbeitet, hat man Gelegenheit die Bewegung des höhern Wassers, sobald der Betrieb der Mühle wieder anfängt, sehr sicher wahrzunehmen. Wenn die Mühlen in Telgte an der Ems, nachdem sie am Sonntage regelmässig geschützt waren, am Montage früh wieder in Betrieb gesetzt wurden, so bemerkt man in Rheine gewöhnlich 60 Stunden später die Ankunft des höhern Wassers, bei sehr kleinem Wasserstande verzögert sich dieselbe aber bis auf 84 Stunden. Die Entfernung beider Orte beträgt in der Länge des Flusslaufes etwa 10 Meilen, woher die Geschwindigkeit der Fluthen ungefähr 1,1 oder bei kleinem Wasser 0,8 Fuss in der Secunde ist.

Die Anschwellungen der Ströme zeigen, wie erwähnt, eine auffallende Erscheinung, dass sie viel schneller entstehen als verschwinden. Die Ursache hiervon scheint in sehr verschiedenen Umständen zu liegen. Zunächst findet der Wechsel der Witterung selbst gewöhnlich in der Art statt, dass besonders

ge anhaltender Dürre der Regen sich viel plötzlicher billungsgekehrt der Uebergang von demselben zum heitern stattfindet; eben so pflegt auch im Frühjahr die Temperature der Luft ziemlich schnell zu erfolgen, wodurch grosse von Eis und Schnee in kurzer Zeit schmelzen, und dann plötzliches Steigen des Wassers in den Strömen veran-

Die Wassermenge, welche in dem einen und dem andern Strömen zugeführt wird, erfährt aber auf dem Wege vielfache Verzögerungen: ein grosser Theil dringt in den Boden und wird erst später durch Quellen wieder abgeführt, wodurch das Wasser, welches sich schon in den Betten der Bäche und Flüsse angesammelt hatte, beim Anschwellen derselben auf den niedrigen Ufer tritt, und hier entweder gar keine, oder nur eine sehr schwache Bewegung annehmen kann, bis es dahin, wenn das Bett weniger angefüllt ist, wieder in diesen fließt. Hierdurch wird offenbar auch das Anschwellen der Flüsse etwas verzögert, aber die atmosphärischen Niederschläge kommen zu Zeiten so gross, und liefern solche Quantitäten Wasser, ohne diese Regulirung der Zuflüsse, die Ströme noch viel mehr Wechsellagen ausgesetzt sein würden. Es ergibt sich hierüber auch, dass die Anschwellungen der Hauptströme anfangs durch diejenige Wassermenge veranlasst werden, welche ihnen aus der Höhe zufließt, und der andere viel grössere Theil der Niederlage, sowie auch die Zuflüsse aus entfernteren Gegenden erst nachher ankommen und eine nachhaltige Speisung bewirken.

Endlich ist auch der Wechsel des Gefälles, sowohl im Strome selbst, als in seinen Zuflüssen, von wesentlichem Einflusse auf die schnelle Bewegung der Anschwellung und die späte Wiederherstellung des kleinen Wasserstandes. Diese Anschwellung bildet nämlich einen weit ausgedehnten Wasserberg oder eine Welle, die sich in der Richtung des Stromes fortbewegt: auf ihrer vordern Seite ist das Gefälle stärker, und auf ihrer hintern schwächer, als das des Stromes in seinem normalen Zustande. Durch dieses Gefälle wird die Geschwindigkeit des fließenden Wassers vergrößert, es muss daher der vordere Theil der Fluthwelle bis zum Ufer viel schneller vorrücken, als der hintere. Die Welle wird während ihres Fortschreitens nach hinten zu sich immer weiter ausbreiten, d. h. flacher werden. Es folgt hieraus die Erschei-

186 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

wann, dass ohne Seitenzuflüsse die Höhe der Welle nach nach abnehmen muss, weil sonst die erwähnte flache Neigung nicht darstellen könnte.

Wie bedeutend das Gefälle sich bei der Anschwellung ändert, namentlich bei grössern Strömen, die kein starkes Gefälle haben, lässt sich leicht an einem Beispiele nachweisen, welches ungefähr die Verhältnisse des untern Rheines darstellt. Ge-
der Strom wachse in 24 Stunden um 4 Fuss an, wie dieser Rhein selbst ohne Einwirkung des Eisganges zuweilen vorke-
Alsdann beträgt die Erhebung des Wasserspiegels in einer See-
durchschnittlich $\frac{1}{16000}$ Fuss. Die Geschwindigkeit mag im
normalen Gefälle 3 Fuss betragen, so wird das Wasser sich
mehr auf einer Fläche bewegen (oder einem entsprechenden Draht
ausgesetzt sein), die auf 3 Fuss Länge um die angegebene Ge-
fällt stärker geneigt ist, als früher, d. h., das relative Gefälle
vermehrt sich um $\frac{1}{64000}$. Wenn das normale Gefälle $\frac{1}{16000}$ be-
trug, so wird es während des Steigens des Wassers $\frac{1}{51200}$
und ginge das Fallen des Wasserstandes eben so rasch vor-
wie das Steigen, so würde das Gefälle auf der hintern Seite
Welle nur $\frac{1}{12800}$ betragen. Gelten für diesen Fall noch
sonstigen Regeln über die Bewegung des Wassers in Flüssen,
so sind die Geschwindigkeiten auch hier den Quadratwurzeln
den Gefällen proportional, oder sie verhalten sich für das ge-
Beispiel nahe wie 7 zu 6. Augenscheinlich ergibt sich hieraus,
dass die hintere Abdachung der Welle der vordern nicht folgen
kann, und immer mehr und mehr zurückbleiben muss. Bei grösserem relativen Gefälle und grösserer Geschwin-
keit des Stromes, sowie auch andererseits bei langsamem Steigen
des Wassers wird freilich die Verschiedenheit der Gefälle ge-
ausfallen: aber dennoch bedeutend genug bleiben, um während
ganzem Weges, den die Welle zurücklegt, eine merkliche Ver-
gerung derselben hervorzubringen, die sich besonders in der
ringen Neigung ihrer hintern Fläche oder in einem nur lang-
Fallen des Wassers zu erkennen geben wird.

Es schliesst sich an diese Erscheinung eine Erfahrung an,
welche den Schiffern auf grösseren Strömen sehr bekannt ist:
pfeilt, dass nämlich die Geschwindigkeit des Wassers, so
dasselbe noch im Steigen begriffen ist, viel heftiger ist, als

es so fallen anfängt, und dass daher während der Anschwellung die Anker sich weit leichter lösen und die Schiffe zu treiben anfangen, als dieses später bei gleich hohem Wasserstande geschieht. So viel mir bekannt, fehlt es durchaus an directen Beobachtungen hierüber, die wohl ziemlich leicht anzustellen wären. Jedenfalls ergiebt es sich aber aus dem Gesagten, dass es eine durchaus unstatthafte Voraussetzung wäre, wenn man annehmen wollte, wie dies zuweilen geschieht, dass in jeder Stelle des Stromes das Gefälle ganz unabhängig vom Wasserstande sei, und selbst während der Aenderung des letztern constant dasselbe bleibe.

Es wäre für den Strombau gewiss sehr wichtig, wenn man die Wassermenge, die jedesmal abgeführt wird, ungefähr angeben könnte. Die Ermittlung derselben bietet indessen sehr grosse Schwierigkeiten, da directe Mässungen jedesmal sehr zeitraubend und kostbar sind und bei den höchsten Wasserständen fast unmöglich werden. Man begnügt sich daher gemeinhin mit der Beobachtung der Höhe des Wasserspiegels, und indem man die eben erwähnte Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Gefälles einführt, legt man den gewiss nicht allgemein gültigen Satz zum Grunde, dass die mittleren Geschwindigkeiten bei verschiedenen Wasserständen den Quadratwurzeln aus den mittleren Tiefen proportional sind. Es ist natürlich, dass die auf solche Weise hergeleiteten Resultate wenig Vertrauen verdienen und vielleicht keine grössere Sicherheit haben, als wenn man die grösste Wassermenge, die dem Strom gleichzeitig zugeführt werden kann, unmittelbar aus der Quantität der Niederschläge unter Berücksichtigung der sonstigen localen Verhältnisse herleiten wollte. Nichts desto weniger will ich einige Angaben dieser Art hier anführen, die wenigstens einen allgemeinen Anhalt geben können.

Der Hinterrhein führt unterhalb Tosis im Canton Graubünden (nach la Nicen) bei kleinem Wasser 15,64 Cb.-Meter (506 Preuss. Cubikfuss), bei hohem Wasser dagegen 1100 Cb.-Meter (35500 Cubikfuss): das Verhältniss der Wassermenge ist hier also, wie 1 : 70.

Wesentlich verschieden hiervon stellt sich das Verhältniss weiter unterhalb heraus: der Bodensee sammelt die Wassermassen, welche bei starken Anschwellungen des Rheins ihm zufließen, und indem er dieselben nur nach und nach wieder abgiebt, so bewirkt er eine viel gleichmässigere Sprisung der folgenden Stromstrecke.

288 VII Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Die Wassermasse beträgt hier nach Defontaine*), auf Preussische Masse reducirt

an Basel während des kleinsten Wassers	10870 Cubikfuss
- - höchsten -	149500 -
daher das Verhältniss beider nahe wie	1 : 14
an Alt-Breisach beim kleinsten Wasser .	11000 Cubikfuss
- - höchsten -	149700 -
das Verhältniss beider wie	1 : 13,6
bei Kehl beim kleinsten Wasser . . .	11300 Cubikfuss
- - höchsten -	151500 -
das Verhältniss beider	1 : 12,3
bei Lauterburg beim kleinsten Wasser .	15040 Cubikfuss
- - höchsten -	162000 -
das Verhältniss beider	1 : 10,8

Die Ursache, dass das Verhältniss der Wassermasse zur Zeit der höchsten Anschwellung sich zu der des kleinsten Wassers etwas abwärts immer geringer herausstellt, ist ohne Zweifel darin zu suchen, dass die Nebenflüsse eine ganz andere Periode der Anschwellung haben, als der eigentliche Rhein und der Bodensee, und ihr Einfluss immer um so stärker wird, in je grösserer Zahl sie sich in den Rhein ergiessen.

Wenn man die zur Zeit des Eisganges und des Eisabtritts eintretenden höchsten und niedrigsten Wasserstände ausschliesst, welche durch partielle oder auch vollständige Sperrungen des Stroms verursacht worden, und daher keineswegs der ganzen den Strom abzuführenden Wassermenge entsprechen, so ergibt sich für den Rhein in der Nähe der Holländischen Grenzen Wassermengen ungefähr in folgender Art,

nämlich beim kleinsten Wasser	30000 Cubikfuss
- - höchsten -	200000 -
oder das Verhältniss beider	1 : 6,6.

Für die Ruhr giebt Hena**) die Wassermenge zur Zeit des kleinsten Wassers im August 1836 zu 277 Cubikfuss und zur Zeit des sehr grossen Hochwassers im November 1841 zu 37671 Cubikfuss an, während sie beim bekannten höchsten Wasserstande

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1833. II. pag. 21.

**) Der Ruhrstrom und seine Schiffahrtsverhältnisse. Seite 10.

Im 1808 ungefähr 55346 Cubikfuss gewesen sein soll. Das Verhältniss der kleinsten Wassermenge zu der des höchsten stellt also respective wie 1 : 136 und 1 : 200 heraus.

Minard *) theilt noch über mehrere französische Flüsse und Flüsse die Wassermengen zur Zeit des niedrigen Sommerwassers mit, die ich auf Preussisches Maass reducirt hier anführe, wobei ich jedoch erwähnen muss, dass Minard nicht auf die Unsicherheit in der Bestimmung der Quantität der höchsten Anschwellungen aufmerksam macht.

	b. klein. Wasser.	b. hoch. Wasser.	Verhältniss.
Dieise bei Creil	1000	16200	1 : 16,2
Maas am Ardennen-Canal	711	16200	1 : 22,6
Maas oberhalb der Semoise	1080	19400	1 : 18,0
Midouze bei Mont-de-Marsan	404	11232	1 : 27,8
Saône bei St. Jean de Losne	854	25867	1 : 30,3
Aisne bei Berry au Bac	388	14712	1 : 37,9
Mosel oberhalb Metz	660	64700	1 : 98,0
Garonne bei Toulouse	1164	184300	1 : 158,4
Garonne oberhalb des Tarn	2813	388000	1 : 137,9
Tarn bei Alby	485	129300	1 : 266,6
Loire bei Briare	1035	323300	1 : 312,4
Allier bei le Guétin	517	194000	1 : 375,2

Die höchsten, so wie auch die niedrigsten Wasserstände kommen bei den meisten Strömen zur Zeit der Eisgänge vor: eine teilweise oder vollständige Sperrung des Bettes durch das Eis verursacht nämlich oberhalb einen Aufstau und unterhalb, in Folge verminderten Zuflusses, ein starkes Sinken des Wassers. Die Anschwellung wie die Senkung kann aber in diesem Falle, wenn die Sperrung eine grosse Ausdehnung gewonnen hat, und lange währt, die Grenzen des Wasserstandes bei offenem Strome weit überschreiten. Ausserdem pflegt auch bei dauerndem starken Froste in Folge des Versiegens der Quellen gleichfalls ein sehr niedriger Wasserstand einzutreten.

Ein regelmässiges Zufrieren des ganzen Stromes stellt sich nur in den Gegenden, wo die Winter streng sind, nur in dem Falle ein, wenn die Geschwindigkeit des Wassers geringe ist; bei

*) Cours de construction. Seite 23.

190 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

stärkerer Strömung erfolgt die Bildung der Eiskecke durch herabtreibenden Schollen oder kleinern Eisstücke, welche sich wo die Geschwindigkeit abnimmt, oder wo irgend eine andere Ursache der Hemmung eintritt, an und übereinander schieben, alsdann zusammenfrieren. Dieses gilt indessen nur für das eigentliche Strombett. Wenn der Frost bei hohem Wasserstande tritt, wobei das ganze Stromthal inundirt ist, so gefriert das Wasser über den Wiesengründen zur Seite des Bettes, wie stehendes Wasser, und wenn alsdann ein höherer Wasserstand erfolgt, so hebt die Eiskecke und löst, so sind es besonders die hier gebildeten grossen Schollen, welche der untern Stromstrecke das Eis herüber und daselbst die Eisstopfung hervorbringen. Ausserdem trägt das sogenannte Grundeis auch zur Bildung grosser Eisflöße auf dem Strome vielfach bei, und dieses ist es grade, welches bei starkem Froste und ohne vorhergegangenen Wasserwerke grossen Massen treiben sieht, so dass oft die ganze Oberfläche des Stromes damit bedeckt ist. Die Bildung dieses Grundeises erfolgt, nach den darüber gesammelten Erfahrungen, ohne Ausnahme zum Theil am Grunde des Stromes, vorzugsweise aber in der Nähe des Ufers und auf den Sandbänken.

Stehendes Wasser gefriert zuerst an der Oberfläche, wo die stärkste Verdichtung des Wassers nicht der stärksten Abkühlung entspricht, vielmehr etwa bei $3\frac{1}{2}$ Graden Réaumur über dem Gefrierpunkte stattfindet. Die Wassertheilchen, welche diese Temperatur angenommen haben, sammeln sich daher über dem Grunde des Bassins an; sobald sie aber noch kälter werden, so sinken sie wieder aus oder werden specifisch leichter. So geschieht es, dass die am stärksten abgekühlten Theilchen unmittelbar an der Oberfläche bilden, und daher das Eis sich grade hier am Ufer zeigt; wogegen das Wasser in grösserer Tiefe gar nicht so stark abgekühlt wird, dass es gefrieren könnte, oder wenn dieses geschieht, so erfolgt es, indem die Eiskecke an Stärke zunimmt und sich daher von oben nach unten ausdehnt, bis die ganze Wassermasse in Eis verwandelt ist. Auf diese Weise bildet sich in stehendem Wasser niemals das Eis am Boden des Bassins früher, als oben.

Ganz anders sind die Verhältnisse, wenn das Wasser flusst: die heftige Bewegung gestattet weder eine regelmässige

Richtung der Wassertheilchen nach Maassgabe ihres verschiedenen spezifischen Gewichtes oder ihrer Temperatur, noch auch überhaupt Bildung des Eises, so lange diese heftige Bewegung fortdauert. Je mehr desto weniger theilt sich die Kälte der Luft doch nach und nach dem Wasser mit, und dasselbe erkaltet bis zum Gefrierpunkte oder auch wohl noch mehr. Wo dasselbe alsdann einer starken Strömung nicht ausgesetzt ist, und etwas zur Ruhe kommt, erfolgt sogleich die Eisbildung: es schiessen die Nadeln an und bilden lockere Eismassen. Bevor dieselben aber noch ganz erstarren können, so wird die Veränderung des spezifischen Gewichtes schon Veranlassung, dass sie sich im Wasser erheben und antreiben. Zuweilen haften Sandkörnerchen oder Steinchen am Eise und beschweren es so sehr, dass es am Boden bleibt; es löst sich alsdann nur bei Vergrösserung der Eismasse oder indem auch äussere Veranlassung eine Trennung bewirkt wird. So bemerken die Schiffer oft, dass beim Aufstossen der Stangen auf den Grund, grosse Massen Eis auftauchen. Es kann aber auch die Bildung des Eisklumpens in anderer Beziehung die Ursache seiner Bewegung werden, indem der Stoss des Wassers, der sich mit der Ausdehnung der getroffenen Fläche vergrössert, den Widerstand überwindet und das Eis fortreibt. Es ist klar, wie diese Eisbildung an allen Stellen des Stromes erfolgen muss, wo das Wasser sich langsam bewegt: sie findet längs den Ufern und namentlich in kleinen Buchten statt, ferner auf hohen Sandbänken, die den Strom spalten und von der heftigen Strömung nicht getroffen werden, und endlich auch an der Sohle des Bettes, wo die Geschwindigkeit gewöhnlich am geringsten ist. Hieraus ergibt es sich, wie die Ströme bei starkem Froste in sehr kurzer Zeit mit solchen Eismassen ganz bedeckt werden können, ohne dass man irgendwo eine Eisbildung im Strome selbst wahrnimmt, und ohne dass dieses Eis durch die Nebenflüsse zugeführt wird. Beiläufig muss aber noch erwähnt werden, dass nach den hierüber angeestellten Untersuchungen nur bei einer starken Wärmeausstrahlung oder bei ganz heiterem Himmel die Bildung des Grundeises erfolgt, und dieses wahrscheinlich deshalb, weil nur in diesem Falle eine sehr rasche Abkühlung des Wassers stattfinden kann.

Das erwähnte lockere Grundeis, sowie auch alle sonstigen Eisstücke folgen dem Strome, da sie aber nicht so leicht, wie das

192 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Wasser den vorkommenden Hindernissen ausweichen können werden sie häufig aufgehalten. Wo eine verminderte Geschwindigkeit des Stromes eintritt, sammelt sich das Eis stark an, bedeckt die Oberfläche so dicht, dass die Stückchen sich gegenseitig und längs dem Ufer zu reiben anfangen. Dieses verursacht eine Verminderung der Bewegung, wodurch sogleich das Gefälle des Wassers befördert wird. Auf solche Weise bildet sich stückweise eine zusammenhängende Eisdecke quer über den Strom, wodurch die nachfolgenden Eismassen sich stromaufwärts weiter dehnen. Gewöhnlich stellt sich dieses Eis so lose, dass es sogleich wieder in Bewegung kommt, wie das Wasser in Folge der Bewegung etwas anschwillt und einen grössern Druck ausübt. Antheils stellt sich dieses Treibeis auch am Ufer fest, sobald es einigen Schutz findet: dieses geschieht besonders an den Stellen, wo der Strom sehr unregelmässig ist und scharfe Krümmungen bildet. Das Eis wird hier gegen das concave Ufer heftig angetrieben, und da es immer an der Oberfläche bleibt, so kann es das Wasser, welches bei der grossen Tiefe an solchen Stellen den leichten Ausweg findet, nicht schnell genug folgen, es sammelt sich daher an, und bildet einen breiten Rand vor dem Ufer, der gewöhnlich sehr regelmässig begränzt ist. Längs diesem Rande schwimmt in drehender Bewegung die nachfolgenden Eisstückchen vorbei, leicht stellt sich eine Reihe derselben vor dem früheren Rand, und rückt denselben auf diese Weise weiter in den Strom hin. An dem gegenüberliegenden convexen Ufer, vor welchem die Bewegung viel müssiger ist, häufen sich gleichfalls die hingetriebenen Eisstückchen an, und bilden einen gleichen Rand, so dass der Strom an solchen Stellen, wie z. B. in der Krümmung vor dem Dorf, oft zwischen zwei Eisufern zusammengedrängt mit grosser Hefigkeit hindurchströmt, ohne dass er dieselben fortbrechen könnte. Namentlich findet dieses bei starkem Froste statt, indem alle die Eisstückchen immer sogleich zusammenfrieren.

In dem erwähnten Falle und selbst wenn eine vollständige Eisdecke sich bildet, verursacht dieselbe in der Regel keinen hohen Aufstau, indem sie nicht weit in die Tiefe herabreicht, daher nur wenig das Profil des Stromes beschränkt. Solche Stoppen sind daher an sich wenig gefährlich. Anders verhält es sich aber, wenn grössere Schollen ankommen, und sich feststellen:

geschieht vorzugsweise da, wo der Strom unregelmässig ist, Profil sich plötzlich verändert, doch kann auch die erste Eisdecke leicht Veranlassung zum Anhalten der grössern geben, und andererseits auch wieder selbst Eisstufen bilden, untern Gegenden Gefahr drohen. Solche Schollen kommen ihrer grössern Masse nicht so leicht zur Ruhe, wie die Stückchen: sie stossen daher heftig gegen die Eisdecke auf, Bewegung hemmt, und indem die beiden zusammentreffenden stark abbrechen, so geschieht es gemeinhin, dass die stehende Tafel sich mit dem vordern Ende auf, oder unter die stehende Eisdecke schiebt. In beiden Fällen nimmt sie eine neue Lage an und bezeichnet dadurch der nächsten Tafel schon den Weg. Dabei dehnt sich die Eisstopfung nicht nur stromwärts weiter aus, sondern sie nimmt auch an Stärke zu. Sobald das stehende Eis viel dicker ist, als die ankommende einfache, so schiebt sich letztere viel leichter herauf, als unter die-
 Auf solche Weise bilden sich durch das fortwährende Ueberschieben der Schollen sehr feste Eisdämme, und dieselben wachsen, wie die Eismasse über Wasser wächst. Es zeigt sich in solcher Verletzung des Stromes durch Eis sehr bald eine beträchtliche Verminderung des Abflussprofils: das aufliessende Wasser wird daher nicht vollständig abgeführt, und es staut davor auf, so es dahinter abfällt. Beide Umstände wirken nur auf die Vergrößerung des Uebelstandes und auf die weitere Ausbildung des Dammes, denn die vom Strome zugeführten Schollen können sich leicht auf die schon festliegenden aufschieben, während der Theil des Dammes vermöge der Senkung des Wasserstandes gleichfalls sich senkt und das Durchflussprofil noch mehr verengt.

Es giebt in der That keine Grenze für solche Eisstopfungen, die höchsten Wasserstände, die man überhaupt kennt, stellen gerade bei dieser Veranlassung ein. Im Allgemeinen kann die Katastrophe sich um so vollständiger ausbilden, je niedriger der Wasserstand beim Beginne derselben war, denn um so weniger ist das Durchflussprofil unter der Eisdecke geöffnet, und daher am wenigsten geeignet, die spätere grössere Wassermasse abzuführen. Es giebt es so viele Zufälligkeiten, welche den Eisdamm in Bewegung setzen und zerstören können, dass die

Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

194 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Wahrscheinlichkeit eines grossen Unglücks doch um so grösser ist, je niedriger das Wasser beim Beginne des Eisganges ist.

Die zufälligen Umstände, durch welche der Eisdamm zerfällt, sind einestheils eine starke Zunahme der Lufttemperatur, besonders aber ein warmer Regen, wobei das Eis mühe ohne seine Festigkeit verliert, so dass es durch das Wasser gelöst und fortgetrieben werden kann. Demnächst kann der verstärkte Strom unter der Eisdecke auch leicht solche Aenderungen im Bette hervorbringen, dass der Damm zerfällt und fortgeführt wird. Gemeinhin findet aber das Wasser, sobald es vor dem Damm immer höher und höher steigt, einen Seitenabfluss, der bald verbreitet und die ganze Wassermasse dem Strombette innerhalb des Dammes zuführt: dort hebt sich alsdann der Wasserspiegel wieder, und dadurch werden sogleich einzelne Eisschollen gelöst und fortgetrieben. In dieser Weise verschwindet die Eisstopfung vor Düsseldorf, sobald sie eine sehr hohe Anschwellung des Stromes erzeugt hat: es bildet sich nämlich ein starker Nebenstrom über die Landzunge bei Heerdt, und dieser fällt wieder vor das Bette des Rheins.

Der Eisdamm löst sich, wenn die Schollen, die seinen Kern bilden, gehoben werden und fortschwimmen: will man künstlich auf die Entfernung einer Eisstopfung hinwirken, so muss dieses nur dadurch geschehen, dass man an der stromaufwärts gelegenen Seite die Schollen zu trennen sucht. Es sind in dieser Beziehung verschiedentlich Versuche angestellt worden, obwohl die Möglichkeit zeigen, einen Theil des Eises zu heben; die Erfolge pflegen aber so geringe zu bleiben, dass man doch allein, wenn die Natur nicht zu Hülfe kommt, kaum erwarten darf, jemals eine bedeutende Eisstopfung zu zerstören. Die Erfahrungen, die man in neuerer Zeit hierüber gesammelt hat, stimmen sehr genau mit denjenigen überein, welche der Herr J. G. Reppold in Hamburg schon im vergangenen Jahre als Bau-Conducteur machte^{*)}; er fand nämlich, dass selbst grössere Quantitäten Pulver, unter Wasser entzündet, nur in kleinen Kugeln über sich das Eis zerbrachen, und dass andere Vorrichtungen

^{*)} Woltman, Beiträge zur hydraulischen Architectur Band I. Seite 260 ff.

gen, noch viel weniger von Erfolg waren. Man hat auch versucht, durch Erschütterungen von oben die Eiszerstören, und namentlich werden nicht selten Kanonen gegen geschossen. Es fehlt nicht an Beispielen dafür, und solcher Versuche, oder später, Eisstopfungen sich, doch muss man bezweifeln, dass dieser Erfolg durch Schlagen der Kugeln und nicht vielleicht durch andere Ursachen herbeigeführt wurde. Die Masse des Eiskörpers gleich zur Kugel so unverhältnissmässig gross, dass der Erschütterung wohl keinen wahrnehmbaren Erfolg kann; wenn aber einzelne Schollen zerschlagen werden, so sie dadurch noch nicht beseitigt: dieses geschieht nur, Stücke fortzuschwimmen können. Anderenfalls ist es für gebildeten Eisdamm ein ziemlich gleichgültiger Umstand, zu grossen Schollen bedeckt wird, oder dieselben in Stücke zerschlagen, jedoch nicht entfernt sind.

Hierauf des Eisganges ist endlich noch zu bemerken, dass in Strömen, welche viele und bedeutende Nebenflüsse auf die Gefahr sich wesentlich dadurch vermindert, dass die in den verschiedenen Flüssen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander eintreten: und zwar geschieht dieses meist in einer Reihenfolge. So legt man bei Coblenz die dort über die Schiffe vor dem Eintritt des Eisganges in den Rhein, dort das Moseleis ab. Sobald dieses vorüber ist, bringt die Schiffe schleunig in die Mosel, und etwa 24 Stunden tritt sich regelmässig der Eisgang im Rheine ein. Dieses ist seit Menschengedenken dort üblich.

Gelegenheit der Untersuchung der verschiedenen Wasserstände nach und nach in demselben Strome und zwar an dem Beobachtungsorte eintreten, entsteht noch die Frage, ob längere Zeiträume eine allmähliche Senkung des Wasserstands mit Sicherheit ergeben. Diese Frage ist in neuerer Zeit verschieden in der Art beantwortet worden, dass der Wasserstand norddeutschen Ströme sich auf eine höchst bedenkliche Senkung soll. Indem man aber die beobachteten Wassermengen ansah, so wurde dadurch die Besorgniss angeregt, dass unsere bedeutendsten Ströme beinahe ganz versiegen möchten.

196 VII. Allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Es fehlt allerdings nicht an Erfahrungen, welche zeigen, dass der nachhaltige Wasserreichthum mancher Bäche sich durch die Ausdehnung der Bodenkultur so vermindert hat, dass sie jetzt im Sommer viel unbedeutender sind, als sie früher waren. Namentlich hat sich dieses an den Bächen gezeigt, welche den Canal de Vézère im südlichen Frankreich speisen, und welche jetzt unzureichend geworden sind, während sie zur Zeit der Anlage des Canals den Zweck genügend erfüllten. Ob durch die Kultur wirklich die Menge des atmosphärischen Niederschlages vermindert sei, bleibt unentschieden, aber jedenfalls trocknet der mit gehörigen Abzugsgräben versehene aufgelockerte Boden viel schneller aus, als früher, da er noch mit festem Rasen und mit Bäumen und Gebüsch bedeckt war. Eine nothwendige Folge dieser Veränderung ist es, dass die Quellen, welche sonst dauernd gespeist wurden, jetzt bei anhaltend trockener Witterung versiegen. Man kann es nicht in Abrede stellen, dass bei dem allgemeinen Bestreben, den Ackerbau zu vervollkommen und so viel wie möglich alle Theile jedes Bodenthums nutzbar zu machen, ähnliche Erfolge vielfach eintreten können, und auch den Wasserreichthum der Flüsse bedrohen, insofern derselbe durch die Quellen und Bäche bedingt ist, die sich in den Flüssen ergiessen. Die vorliegende Frage bezieht sich aber darauf, ob die Beobachtungen an unsern Strömen die Abnahme des Wasserstandes schon bestätigen, und wenn dieses geschieht, ob man hieraus auf eine Verminderung des Wasserreichthums schliessen darf.

Die längste Reihe von Beobachtungen, die mir zur Vergleichung zu Gebote steht, sind die bereits erwähnten, bei Düsseldorf angestellten Wasserstandsmessungen: sie umfassen die 44 Jahre von 1800 bis 1843. Gruppirt man die jährlichen mittleren, sowie die absolut höchsten und niedrigsten Wasserstände von 11 zu 11 Jahren, so ergeben sich die folgenden arithmetischen Mittel aus jeder Gruppe nach dem Düsseldorfer Pegel

	höchster	niedrigster	mittlerer
1800 bis 1810	21' 11"	3' 6"	6' 10 2
1811 bis 1821	20' 4"	3' 0"	8' 5 3
1822 bis 1832	20' 0"	2' 8"	8' 7 0
1833 bis 1843	20' 9"	3' 4"	8' 6 4

Die höchsten und niedrigsten Wasserstände stellen sich also ebenfalls unregelmässig dar, indem die letzten 11 Jahre Resultate

die von den vorberghenden stark abweichen: dagegen die mittleren Wasserstände eine sehr auffallende Regelmässigkeit, welche zu beweisen scheint, dass der Wasserstand in 10 Jahren um mehr als einen Zoll abnimmt. Es verschwindet augenblicklich diese Regelmässigkeit, sobald man die Gruppen in Perioden ordnet. Welche sehr grosse Abweichungen in den einzelnen Jahresmitteln vorkommen, weist die Scale auf Taf. XXXI. nach. Der mittlere Wasserstand des einen ist sehr häufig um 4 bis 5 Fuss von dem des nächsten verschieden, daher darf man die Unterschiede von einzelnen Zollen die Folge eines durchgreifenden Gesetzes ansehen. Ich habe in bekannten Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung die wahrscheinliche Unsicherheit des Mittels aus je elf Jahresmitteln berechnet, und dieselben für die erwähnten Perioden gefunden 12,7 13,5 14,2 und 9,5 Zoll.

Nach ist die Mittelzahl aus den gesammten Mitteln noch mit der wahrscheinlichen Fehler 3½ Zoll behaftet. Man kann daher die beobachtene regelmässige Abnahme des Mittels aus elfjährigen Messungen nur als eine ganz zufällige, wenn gleich höchst auffallende Erscheinung ansehen, welche nichts weiter beweist, als dass der Wasserspiegel, soweit die Beobachtungen ein sicheres Resultat gestatten, unverändert geblieben ist.

Interessant grösser hat sich nach der Mittheilung von Merian *) die Abnahme des mittleren Wasserstandes in Basel während der Jahre von 1809 bis 1839 herausgestellt. Das Mittel aus den 10 Jahren übertrifft nämlich dasjenige des zweiten Decenniums um 0,40 und das des zweiten wieder das des dritten um 0,40 Badensche Fuss. Diese Resultate lassen sich nicht mehr als zufällige Anomalien ansehen, aber sie beweisen noch keineswegs eine Verminderung der Wassermasse, vielmehr stehen sie in den Stromcorrectionen in Beziehung, welche im Baierschen, Rhein und Französischen Gebiete in dieser Periode vielfach beobachtet sind, und welche eine Senkung des Wasserspiegels oberhalb belegnen Stromstrecke ohne Zweifel bewirkt haben. Auch für die Weser ist eine starke Abnahme des Wasserstandes und der Wassermenge angenommen worden: die erstere

198 VII. Allg. Eigenschaften d. Ströme. 57. Wasserstände

ergiebt sich allerdings aus den bei Minden angestellten Beobachtungen, wenn freilich wieder nur in einer so geringen Grade, dass sie mit Rücksicht auf die vorkommenden Abweichungen der einzelnen Jahresmittel als zufällig angesehen werden muss. Der mittlere Wasserstand ist nämlich

nach den 12 Jahren von 1819 bis 1830 gleich 3' 4" 5

und nach den 13 Jahren von 1831 bis 1843 gleich 3' 2" 5.

Vergleicht man indessen mit den bei Minden angestellten Beobachtungen diejenigen, die bei Schlüsselburg gemacht sind, zeigt es sich, dass die Jahresmittel für Schlüsselburg bis zum Jahre 1829 von denen für Minden wenig abweichen: sie sind, im Allgemeinen etwa um 2 Zoll höher, jedoch in einzelnen Jahren auch 1 Zoll tiefer. Von 1830 nehmen sie aber sehr merklich und zwar regelmässig zu, so dass sie 1840 und 1841 sogar um 13 Zoll sich höher, als die Mindener stellen. Aus diesem Grunde geben die Schlüsselburger Beobachtungen ein wesentlich verschiedenes Resultat: unter den letzteren fällt jedoch das Jahr 1830 aus, weil während desselben der Pegel beim Eisgange zerbrach und erst im Monat Mai wieder hergestellt wurde. Der mittlere Wasserstand beträgt

für die 11 Jahre 1819 bis 1829 3' 5" 0

und für die 13 Jahre 1831 bis 1843 4' 0" 8.

Wollte man also ohne Rücksicht auf die Veränderung des Strombettes aus den Wasserständen unmittelbar auf die Wassermenge schliessen, so würden die Pegelbeobachtungen bei Schlüsselburg ergeben, dass die Weser eine starke Vermehrung ihrer Wassermenge in der letzten Zeit erfahren hat.

Es ergiebt sich also, dass die Weser, ebenso wie der Rhein im Allgemeinen weder eine Abnahme des Wasserstandes, noch der Wassermenge, soweit die bisher angestellten Beobachtungen ein Urtheil erlauben, erkennen lassen. Für andere Ströme habe ich diese sehr zeitraubenden Untersuchungen nicht angestellt: es ist aber kein Grund vorhanden, andere Resultate zu erwarten.

Achter Abschnitt.

drometrisc he Arbeiten.

United States

1890-1891

§. 58.

Aufnahme der Stromcharten.

Wenn man an einem Strome ausgedehnte Wasserbauten ausführen, also etwa ein regelmässiges Strombett mit hinreichender Tiefe darstellen oder den Uferabbrüchen eine Grenze setzen will, müssen verschiedenartige Messungen und sonstige Untersuchungen über die Local-Verhältnisse vorangehen, bevor man das Project entwerfen kann. Unter diesen hydrometrischen Arbeiten ist die Aufnahme einer Stromcharte besonders wichtig, denn nur nach einer solchen die Ursachen der Verwilderung und die Mittel zur Beseitigung derselben sich sicher beurtheilen lassen.

Ueber die Vermessung des Stroms oder seiner Ufer ist wenig zu sagen, grossentheils gehört dasjenige hierher, was bei Gelegenheit der Aufnahme der zu entwässernden Ländereien (Theil I. §. 25) mit angeführt ist. Soll die Stromcharte meilenlange Strecken umfassen, oder wird vielleicht die Aufnahme des Stroms in einer ganzen Provinz beabsichtigt, so ist es immer sehr zweckmässig, zuerst trigonometrischen Operation den Anfang zu machen, da man sonst fürchten muss, dass die Fehler bei Anwendung ähnlicher Feldmesser-Instrumente sich in der weiten Ausdehnung des Flussthales so sehr anhäufen können, dass die Charta ein unrichtiges Bild von dem allgemeinen Laufe giebt. Besonders diese Vorsicht dringend nöthig, wenn das Thal des Stroms sehr enge ist und dadurch das wiederholte Einschneiden entfernter Punkte unmöglich wird, wodurch man sonst in den Stand gesetzt werden könnte, die Messung zu controliren und wenigstens grosse Fehler zu vermeiden. Demnachst kann man die trigonometrischen Messungen bei der Aufnahme grösserer Ströme auch nicht entbehren, um die Breiten richtig anzugeben, und die genaue Kenntniss derselben ist gerade ein sehr wichtiges Element für den Strombau.

Die Aufnahme jeder einzelnen Uferstrecke erfolgt nach den gewöhnlichen Methoden so sicher, dass keine bedeutenden dabei zu besorgen sind, aber der Anschluss des einen Ufers an das andere erfordert eine besondere Vorsicht. Nur bei Inseln oder wo zufällig Brücken vorhanden sind, kann man unmittelbar mit der Kette von einem Ufer zum andern messen. Auf 30 Ruthen Breite lässt sich noch genau genug mit der Kette oder dem Messtische ein markirter Punkt des einen Ufers an dem andern Ufer aus auf der Zeichnung festlegen. Wenn die Breite aber grösser wird, so müssen schon scharfe Winkelnetze ausgeführt und gehörig berechnet werden. Bei der Aufnahme von Inseln, isolirten Felsen im Flussbett und selbst von Ufern sowie auch von tiefen Fahrrinnen, findet ungefähr dasselbe statt, wiewohl im letzten Falle auch durch Profilmessungen, weiterhin die Rede sein soll, die Charta mit hinreichender Vervollständigt werden kann.

Wichtiger als diese Andeutungen über die Messung dürfte eine Aufzählung der Gegenstände sein, welche eine Stromcharte enthalten muss. Hieran werden sich zugleich Bemerkungen über die Einrichtung und spätere Vervollständigung der Charta anschliessen. Es wird sich daraus aber ergeben, dass die Aufnahmen, welche nur zu ökonomischen Zwecken gemacht werden, wenn sie in dieser Beziehung auch mit gehöriger Sorgfalt geführt wurden, dennoch als Stromcharten nicht benutzt werden können. Die Gegenstände, welche gerade das Haupterforderniss für die letzte sind, enthalten sie gar nicht, oder so unvollständig und so ungenau, dass die Erfahrung immer zeigt, wie die Benutzung von solchen Charten die Kosten für die Aufzeichnung einer vollständigen Stromcharte durchaus nicht vermindert. Nur die Grenzen zwischen den einzelnen Besitzungen lassen sich aus ihnen entnehmen, die man aber, wenn die specielle Messung gemacht werden muss, auch ohne nennbare Verminderung der Arbeit erhält.

Der Maassstab für die Stromcharte muss so gross gewählt werden, dass die einzelnen Bauwerke sich darauf nicht nur leicht darstellen, sondern dass man auch deren Längen mit hinreichender Schärfe messen kann. Hiernach eignet sich der Maassstab von $\frac{1}{1000}$ der natürlichen Grösse besser, als der von $\frac{1}{2000}$.

desto weniger ist bei grossen Strömen doch der letztere zu sehen, weil er eine leichtere Uebersicht gewährt und zugleich die grosse Ausdehnung der Charten verhindert. Um nämlich die Verhältnisse gehörig beurtheilen zu können, darf man die Richtung keineswegs auf diejenige Stelle des Stroms beschränken, wo gerade die Correction erforderlich ist, sondern man muss so weit aufwärts gehn, dass man die Ursache des Uebels, gewöhnlich oberhalb zu suchen ist, erkennen kann, und anderwärts muss in dem Projecte auch darauf Rücksicht genommen werden, dass ein gehöriger Anschluss an den ferneren Lauf des Stroms stattfindet. Es ergibt sich hieraus, dass die Charten, die nie auch nur behufs der Correction einer einzelnen Stelle genommen ist, sich doch soweit oberhalb und unterhalb ausstrecken muss, dass die Umstände, welche die Richtung des Stroms bedingen, und nicht minder die Lage der Stromrinne in den verschiedenen Strecken sich daraus ergeben. Man kann dieses Alles auch eben so gut und noch besser darstellen, wenn man einen kleinen Maassstab wählt, allein die Benutzung sehr grosser Charten ist mit manchen Unbequemlichkeiten verbunden, besonders wenn man mehrere Blätter an einander legen muss. Hierbei kommt ausserdem noch der Gebrauch während der Untersuchung an Ort und Stelle in Betracht: schon bei mässigem Winde hält es nicht leicht, ein grosses Blatt auszubreiten, und die Schwierigkeit vervielfacht sich, wenn man sich, wie dieses in solchem Falle gewöhnlich geschieht, in einem kleinen Kahne befindet, worin der Raum sehr beschränkt ist. Tritt in dieser Zeit aber noch Regen ein, so wird eine grosse Charten gleich beschädigt, während eine kleinere viel leichter geschützt und in Sicherheit gebracht werden kann.

In welcher Richtung man auf dem Blatte den Strom darstellt, wäre ziemlich gleichgültig, allein es ist doch immer wünschenswerth, dass hierbei ein übereinstimmendes Verfahren beobachtet werde. Nach dem bisherigen Preussischen Feldmesser-Instrument sollen die Längenprofile der Ströme so aufgetragen werden, dass der Ursprung der letzteren auf der rechten Seite des Blattes gedacht wird, und man sonach hinter dem Wasser das rechte Ufer vortreten sieht, während das linke nur punktirte Linien angedeutet ist. Da ferner für gewisse Fälle

die Anstragung des Situationsplanes auf demselben Blatte dem Nivellementsprofile vorgeschrieben ist, so folgt darauf wenigstens unter diesen Umständen auch im Situationsplan Ursprung des Stromes auf der rechten Seite gedacht werden. Es wird vielfach nach dieser Vorschrift verfahren, und auch oft auf diejenigen Stromcharten ausgedehnt, dem Nivellementsprofil nicht beigelegt ist. Bei den auf diese gezeichneten Charten ist die Richtung der Schrift der des entgegengesetzt. An sich wäre dieser Umstand sehr unangenehm, aber es erscheint doch viel angemessener, dass dieselbe Richtung in der wir schreiben und jede Zeile lesen und in der wir zeichnen, für den Strom gleichfalls angenommen werde, was dürfte diese Analogie immer noch mehr für sich haben, Grund, der die Wahl der entgegengesetzten Richtung unthunlich macht, dass nämlich das rechte Ufer über oder hinter dem Strom erscheinen soll. Die meisten Stromcharten werden auch so gezeichnet, dass der Ursprung auf der linken Seite des gedachten wird, und wahrscheinlich würde man hiervon bei abzuweichen, wenn nicht die Vorschriften das Gegentheil verlangen schienen.

Der wichtigste Gegenstand, den die Stromcharte enthält, ist der Strom selbst. Seine Krümmungen, seine Breite und wesentliche Umstände ergeben sich schon aus der Begrenzung gegen die Ufer, diese Grenzen müssen also als scharfe Contouren ausgezogen werden, nachdem sie sorgfältig gemessen sind. Es entsteht aber die Schwierigkeit, dass der Strom bei verschiedenen Wasserstände sich auch weiter verbreitet und sonach seine Begrenzung vorrückt: das auf der Charte dargestellte Bild bezieht sich also nur auf einen bestimmten Wasserstand, es fragt sich, welchen man hierzu wählen soll. Sobald die nöthige Stromcorrection im Interesse der Schifffahrt ausgemittelt werden soll, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass man denjenigen Wasserstand wählen muss, wo eben die Hindernisse sich zeigen, die man beseitigen will, und dieses ist jedesmal der sehr niedriger oder der allerniedrigste Wasserstand. Dazu kommt, dass viele Gegenstände, welche man auf der Charte anbringen muss, um so leichter gemessen und untersucht werden können, je mehr sie aus dem Wasser vortreten, oder je tiefer das V

ist. Hiernach wird allgemein die Aufnahme der Strom-
ni niedrigem Wasserstande ausgeführt, und man wählt
desselben, die lange genug anzuhalten pflegt, um alle
abhängigen Messungen vorzunehmen. Der gewählte Wasser-
stand auf der Charte selbst bestimmt bezeichnet werden;
es geschieht, indem man darauf bemerkt, welche Höhe
dieser Pegel zur Zeit der Messung angab.

Bei der Aufnahme tritt indessen wieder der Uebelstand ein, dass der
Wasserstand nur in sehr seltenen Fällen längere Zeit hindurch seine
Höhe unverändert beibehält; gewöhnlich ist er einem stärkeren
oder schwächeren Wechsel unterworfen. Man würde mit der
Aufnahme in den meisten Fällen gar nicht zu Stande kommen,
wenn man ganz strenge nur bei dem vorher bestimmten oder zu-
gewählten Wasserstande arbeiten wollte; es ist indessen klar,
dass geringe Differenzen von einzelnen Zellen gemeinhin ganz
übersehen werden dürfen. Ausserdem aber kann man den Ein-
fluss grösserer Unterschiede auf die Veränderung der Lage
des Ufers haben, mit hinreichender Sicherheit leicht messen.
In den meisten Fällen sogar unmittelbar schätzen. Auf solche
Weise wird zwar die Aufnahme wegen der erforderlichen Tiefen-
messungen und leichten Nivellements etwas erschwert, es ist aber
von grossem Vortheil, dass man auch bei abweichenden Wasser-
ständen noch die gesuchten Uferlinien bestimmen kann, und man
dann die unvollkommene und vorbereitete Arbeit nicht gleich abbrechen
muss. Beträgt dagegen die Differenz gegen den angenommenen
Wasserstand gegen zwei Fuss oder mehr, alsdann lässt sich die
Aufnahme nicht füglich weiter fortsetzen, und man muss, wofern
das Ufer sehr steil ist, das Fallen des Wassers abwarten.
Während der Arbeit muss der Feldmesser sich leicht über-
zeugen können, ob der zum Grunde gelegte Wasserstand wirklich
der ist, oder wie viel die Abweichung von demselben beträgt;
man kann an derjenigen Uferatmosphäre, wo er gerade misst, leicht
aufstellen und diese mit den nächsten Hauptpegeln vorher
gemessen vergleichen. Bei geringen Aenderungen des Wasser-
standes pflegen die Differenzen für nicht zu grosse Entfernungen
gleichmässig auszufallen, woher solche Interimspegel mit
Vorteil benutzt werden können. Wenn dagegen der Strom
mehrere Fuss steigt oder fällt, so stellen sich gemeinhin sehr

verschiedenartige Gefälle heraus, und es lässt sich alsdann auch mehr mit Sicherheit angeben, um wie viel das Wasser an jeder Stelle höher oder niedriger stehen würde, wenn es am Hauptpegel die bestimmte Höhe hätte. Hat man, wie vorhin erwähnt, für die Aufnahme des Stromes den gewöhnlichen niedrigen Wasserstand gewählt, so pflegt das Wasser auch in den selten wiederkehrenden sehr niedrigen Wasserständen nicht so tief zu sinken, dass die Reduction eine Unsicherheit besorgen liesse. Man hat also das Steigen des Wassers zu fürchten, und auch dieses ist innerhalb gewisser Grenzen noch nicht sehr störend. Die Tabelle der Wasserstandsbeobachtungen an den Hauptpegeln lassen sich erkennen, in welcher Jahreszeit und in welchen Monaten mit der grössten Wahrscheinlichkeit der zum Grunde gelegte Wasserstand erwartet werden kann, und der Feldmesser muss seine Arbeiten so vorbereiten, dass er besonders diese Zeit zu denjenigen Messungen benützt, wo er gerade diesen Wasserstand am nöthigsten gebraucht. Trifft es sich alsdann aber zufällig, dass während einiger Zeit dennoch ein Hochwasser eintritt, so muss er in ähnlicher Weise, als wenn die Arbeit durch eine sehr ungünstige Witterung unterbrochen würde, die Zwischenzeit mit dem Auftrage der Messung ausfüllen, oder solche Arbeiten vornehmen, wo der höhere Wasserstand nicht hinderlich ist.

Das eben Gesagte bezieht sich auch auf die Aufnahme von Inseln und derjenigen Sand- und Kiesflächen, welche zu einer Zeit des angenommenen Wasserstandes über demselben vortreten. Ihre Umgrenzung muss gleichfalls genau aufgemessen und in der Charte eingetragen werden.

Es giebt indessen viele Bänke und Untiefen in den Strömen, welche bei dem gewöhnlichen kleinen Wasser und selbst bei den niedrigsten Wasserständen verdeckt bleiben, während sie doch der Schiffahrt hinderlich sind und daher bei der Entwerfung des Correctionsprojectes berücksichtigt und folglich auch in der Charte angegeben werden müssen. Die Lage und Ausdehnung derselben lässt sich nur durch wiederholte Tiefenmessungen bestimmen, wovon später die Rede sein wird: am vollständigsten kann man sie aber in der Charte eintragen, wenn man in ähnlicher Weise, wie bei Gelegenheit der Aufnahme der zu entwässernden Länder beschrieben ist, Ebenen denkt, die dem Spiegel des Stromes

neuen Wasserstände parallel und in gewissen Abständen, und 6 Fuss u. s. w. unter demselben liegen. Sucht man nun, in welchen diese Ebenen das Strombette schneiden, so trägt man diese in der Charte ein, so stellt sich die Gestalt des Strombettes überaus klar und deutlich dar. Diese Arbeit ist indessen, wenn sie mit gehöriger Sorgfalt durchgeführt wird, sehr mühsam, denn man muss entweder auf der ganzen Länge in geringen Abständen die Querprofile aufnehmen, oder an gegebenen Tiefen, die beispielsweise zu 2,4 und 6 Fuss waren, wirklich aufsuchen und durch Signale bezeichnen, welche sodann vom Ufer aus durch Einschnneiden zu bestimmen sind. Man wendet daher dieses Verfahren nur in einzelnen Fällen an, wo eine sehr genaue Kenntniss des Strombettes nothwendig ist, während man sich sonst damit begnügt, die Ausdehnung und Lage der Sandbänke, wie auch die der tiefsten Stromrinne nur zu bestimmen und in der Charte zu bezeichnen. Die Lage der Sandbänke, d. h. die Tiefe ihres höchsten Rückens zum angenommenen Wasserstande, muss jedenfalls noch angegeben und in der Charte mit Zahlen eingeschrieben werden. Ferner darf die Tiefe des Fahrwassers oder der tiefsten Rinne in der Charte nicht fehlen, und es muss auch die Lage des Stromtriches, worunter man eben diese tiefste Rinne verbunden mit der stärksten Strömung, versteht, bei dem angegebenen Wasserstande angegeben werden.

Es ist immer eine höchst mühsame und unbequeme Arbeit, solche Profilzeichnungen, namentlich wenn sie in grösserem Maasse auf besondern Blättern dargestellt sind, mit der Situation zu vergleichen und sich dadurch ein deutliches Bild der Höhenverhältnisse zu machen. Viel einfacher, und in Irrthümern vermieden werden, auch viel sichrer ist es, die aus den Profilmessungen gleich in der Charte durch Eintragen der gefundenen Tiefen anzugeben. Auch die Eintragung der Querprofile in das Strombette selbst gestattet eine deutliche Ansicht der Verhältnisse. Man denkt nämlich die Verticalebene, in welcher die Tiefen gemessen sind, und welche unten vom Strom begrenzt wird, um diejenige horizontale Linie gedreht, worin der Wasserspiegel schneidet, diese Ebene wird in horizontaler Lage in der gehörigen Stelle in das Strombette gezeichnet, dabei

verschiedenartige Gefälle heraus, und es lässt sich alsdann mehr mit Sicherheit angeben, um wie viel das Wasser an jeder Stelle höher oder niedriger stehen würde, wenn es am Hauptpegel die bestimmte Höhe hätte. Hat man, wie vorhin erwähnt, für die Aufnahme des Stromes den gewöhnlichen niedrigen Wasserstand gewählt, so pflegt das Wasser auch in den selten wiederkehrenden sehr niedrigen Wasserständen nicht so tief zu sinken, dass die Reduction eine Unsicherheit besorgen liesse. Man hat also das Steigen des Wassers zu fürchten, und auch dieses ist innerhalb gewisser Grenzen noch nicht sehr störend. Die Tabellen der Wasserstandsbeobachtungen an den Hauptpegeln lassen sich erkennen, in welcher Jahreszeit und in welchen Monaten mit der größten Wahrscheinlichkeit der zum Grunde gelegte Wasserstand erwartet werden kann, und der Feldmesser muss seine Arbeit so vorbereiten, dass er besonders diese Zeit zu denjenigen Messungen benutzt, wo er gerade diesen Wasserstand am nöthigsten gebraucht. Trifft es sich alsdann aber zufällig, dass während einiger Zeit dennoch ein Hochwasser eintritt, so muss er in ähnlicher Weise, als wenn die Arbeit durch eine sehr ungünstige Witterung unterbrochen würde, die Zwischenzeit mit dem Auftrage der Messung ausfüllen, oder solche Arbeiten vornehmen, wo der höhere Wasserstand nicht hinderlich ist.

Das eben Gesagte bezieht sich auch auf die Aufnahme der Inseln und derjenigen Sand- und Kiesflächen, welche zu der Zeit des angenommenen Wasserstandes über demselben vorragen. Ihre Umgrenzung muss gleichfalls genau aufgemessen und in der Charte eingetragen werden.

Es giebt indessen viele Bänke und Untiefen in den Strömen, welche bei dem gewöhnlichen kleinen Wasser und selbst bei den niedrigsten Wasserständen verdeckt bleiben, während sie doch der Schifffahrt hinderlich sind und daher bei der Entwerfung der Correctionsprojectes berücksichtigt und folglich auch in der Charte angegeben werden müssen. Die Lage und Ausdehnung derselben lässt sich nur durch wiederholte Tiefenmessungen bestimmen, worüber später die Rede sein wird: am vollständigsten kann man sie aber in der Charte eintragen, wenn man in ähnlicher Weise, wie dies bei Gelegenheit der Aufnahme der zu entwässernden Länder beschrieben ist, Ebenen denkt, die dem Spiegel des Stromes be-

gewonnenen Wasserstände parallel und in gewissen Abständen, 2,4 und 6 Fuss u. s. w. unter demselben liegen. Sucht man Linien, in welchen diese Ebenen das Strombette schneiden, trägt man diese in der Charte ein, so stellt sich die Gestalt des Strombettes überaus klar und deutlich dar. Diese Arbeit ist indessen, wenn sie mit gehöriger Sorgfalt durchgeführt, sehr mühsam, denn man muss entweder auf der ganzen Länge in geringen Abständen die Querprofile aufnehmen, oder an angegebenen Tiefen, die beispielsweise zu 2,4 und 6 Fuss abt waren, wirklich aufsuchen und durch Signale bezeichnen, in Lage alsdann vom Ufer aus durch Einscheiden zu bestimmen. Man wendet daher dieses Verfahren nur in einzelnen Fällen an, wo eine sehr genaue Kenntniss des Strombettes nothwendig ist, während man sich sonst damit begnügt, die Ausdehnung und die Lage der Sandbänke, wie auch die der tiefsten Stromrinne nur näher zu bestimmen und in der Charte zu bezeichnen. Die Länge der Sandbänke, d. h. die Tiefe ihres höchsten Rückens, bei dem angenommenen Wasserstande, muss jedenfalls noch bemerkt und in der Charte mit Zahlen eingeschrieben werden. Ferner darf die Tiefe des Fahrwassers oder der tiefsten Stromrinne in der Charte nicht fehlen, und es muss auch die Richtung des Stromstriches, worunter man eben diese tiefste Rinne, verbunden mit der stärksten Strömung, versteht, bei dem gewählten Wasserstande angegeben werden.

Es ist immer eine höchst mühsame und unbequeme Arbeit, verschiedene Profilzeichnungen, namentlich wenn sie in grösserem Maassstabe auf besondern Blättern dargestellt sind, mit der Situationscharte zu vergleichen und sich dadurch ein deutliches Bild von den Höhenverhältnissen zu machen. Viel einfacher, und in Irrungen vermieden werden, auch viel sicherer ist es, die Resultate der Profilmessungen gleich in der Charte durch Einzeichnen der gefundenen Tiefen anzugeben. Auch die Eintragung der Querprofile in das Strombette selbst gestattet eine deutliche Übersicht der Verhältnisse. Man denkt nämlich die Verticalebene, worin die Tiefen gemessen sind, und welche unten vom Strombette begrenzt wird, um diejenige horizontale Linie gedreht, worin der Wasserspiegel schneidet, diese Ebene wird in horizontaler Richtung in der gehörigen Stelle in das Strombette gezeichnet, dabei

ist es jedoch gemeinhin nothwendig, für die Tiefen einen grössern Maassstab, als für die Längen zu wählen, weil jene sich nicht deutlich genug darstellen. Dieser Umstand ist störend, ausserdem verdecken die Profile schon einen grossen Theil der Zeichnung des Flussbettes, so dass dadurch leicht andere wichtige Gegenstände verdunkelt werden. Sind die Profile aber so nahe an einander gelegt, dass sie die Gestaltung des ganzen Strombettes ziemlich vollständig angeben, so kann man aus ihnen sehr leicht jene Tiefenlinien construiren, wodurch die Profilezeichnungen ganz entbehrlich werden, und wodurch zugleich, ohne irgend eine willkürliche Bezeichnung einzuführen und ohne die Charte zu überfüllen oder zu verdunkeln, die Verhältnisse am deutlichsten dargestellt werden. Daas man an einzelnen Stellen, wo die Gestaltung des Bettes von besonderer Wichtigkeit ist, Profile vollständig misst und besonders darstellt, soll hierdurch keineswegs als unzweckmässig bezeichnet werden: namentlich bei dergleichen Aufnahmen jedesmal nothwendig, wenn Bauwerke den Strom hineingeführt werden sollen, und man zur Ermittlung des erforderlichen Materials und des Kostenbetrages die vorhandenen Tiefen genau kennen muss.

Was von der Aufnahme des Strombettes gesagt ist, findet auch auf die der Ufer Anwendung: dieselben bleiben nämlich nur so lange Ufer, als der Strom sie nicht überfluthet. Geschweige dieses, so bedingt ihre Höhenlage und Gestaltung die Strömung des Hochwassers, und von dieser hängt wieder, wie schon oben bemerkt ist, die Tiefe im eigentlichen Strombett ab. Die Charte muss also anzeigen, welche Uferstrecken bei Anschwellungen inunndirt werden und an welchen Stellen zur Zeit des Hochwassers eine starke Strömung sich bildet: sie muss daher auch alle Stellen im Flussthale in ihrer ganzen Ausdehnung zeigen und die Höhenlage so vollständig angeben, dass man die Verhältnisse schon aus der Charte zu übersehen im Stande ist. Die tieferen Flächen markiren sich oft dadurch, dass sie Wiesen oder Weideland sind, während das höhere Terrain als Ackerland benutzt wird, aber durch allein ist indessen noch keineswegs die Höhenlage gegeben: sie muss vielmehr durch Nivelllements ermittelt und durch bestimmte geschriebene Zahlen bezeichnet werden. Am natürlichsten ist hierbei wieder den oben angenommenen Wasserstand zum Gi-

Der Umstand, dass dieser Wasserstand keine horizontale, ne geneigte Ebene ist, bleibt ohne merklichen Nachtheil, die Vergleichung jedesmal mit der nächsten Stelle des Ufers. Einige Unsicherheit ist hierbei allerdings nicht zu vermeiden, aber wollte man einen Normalhorizont zum Grunde nehmen, würde man bei der Benutzung der Charte gezwungen sein, die Gefälle des Stromes jedesmal zu berücksichtigen, wodurch ein noch grösserer Fehler eingeführt werden könnte. Indessen wäre es freilich, wenn man für die verschiedenen Ufer den jedesmaligen Uferrand beobachtete und eintrug, aber diese Arbeit wäre viel zu weit ausgedehnt. Nur den Wasserstand des höchsten bekannten Wasserstandes anzugeben, so genau wie sich dieses ermitteln lässt, in den Charten anzugeben. Da die Gelegenheit zu solchen Beobachtungen sich jedoch nicht leicht darbietet, so muss man schon auf die Anwohner hierbei zum Grunde legen, obgleich diese Angaben gewöhnlich einander sehr stark widersprechen und überhaupt unvollständig ausfallen. Damit man indessen die Richtigkeit dieser Angaben auch später einigermaassen zu beurtheilen Stande sei, und um zugleich eine möglichst vollständige Ermittlung dieser Thatsachen zu veranlassen, ist es angemessen, dass über diese Aussagen Verhandlungen geführt werden. Dabei sind zugleich die sonstigen natürlichen und künstlichen Marken der höchsten Fluthen, und unter andern besonders die Beschädigungen der Baumstämme durch stehende Eisschollen zu berücksichtigen.

Die Grenze der höchsten Inundation, und zwar ebensowohl die unmittelbar vom Strome herrührt, als wenn sie durch ein Ufer hervorgebracht ist, muss in der Stromcharte angegeben werden. Hierdurch bestimmt sich im Allgemeinen zugleich die Richtung der Stromcharte zu beiden Seiten. Die Höhenzahlen inundirten Fläche wird aber durch beigeschriebene Zahlen bezeichnet. Da diese Zahlen gegen die eingeschriebenen Höhen positiv sind, so könnte man die ersten oder die letzten Nullen weglassen. Minuszeichen versehen: es ist indessen wohl am besten, in gleicher Art, wie die Grenze des Wassers mit roth bezeichnet wird, auch die Tiefen blau und dagegen die Ufer roth einzuschreiben, wodurch eine sehr augenfällige

Änderungen schon in Folge der vorgenommenen Correctionen es würde sehr unpassend sein, wenn man bei Eintragung Änderungen die erste Zeichnung ausradiren oder verwischen wollte, denn ein wichtiger Zweck einer solchen Charta ist, dass sie eine vollständige Geschichte des ganzen Baues und Wirkungen enthalten muss. Es lassen sich manche Veränderungen, wenn man verschiedene Farben dazu wählt, ohne Undeutlichkeit herbeizuführen, gemeinhin in das erste Blatt noch eintragen, es erleichtert ausserordentlich die Uebersicht, wenn man die vor und nach eingetretenen Veränderungen mit einem Blicke übersehen kann. Nichts desto weniger vermehren sich dieselben so sehr, dass die Deutlichkeit leiden würde, wenn man Alles noch zusammen darstellen wollte: alsdann ist es am besten, auf besondere Blättchen oder Klappen die Änderungen zu zeichnen, welche auf die Hauptcharta passen, und den Zustand des Stromes darstellen.

§. 59.

Nivellement des Stroms.

Welchen grossen Einfluss das Gefälle auf den Lauf des Stroms hat, ist schon früher erwähnt worden: die genaue Kenntniss desselben ist daher bei der Entwerfung eines Projectes zur Regulirungen dringend nöthig. Es genügt dabei aber nicht, man nur diejenige Strecke nivellirt, die man eben reguliren will, denn die beabsichtigte Änderung im Strombett pflegt als Ursache eine Änderung des Gefälles zur Folge zu haben, und man muss schon vorher davon überzeugen, dass eine solche auch in andern Theile des Stroms nicht nachtheilig sei. Es ist in der Regel, dass man das Nivellement wenigstens so weit fortsetzt, als eine Änderung im Wasserspiegel möglich noch verpasst werden kann. Am zweckmässigsten ist es immer, diese Arbeit gleich über den ganzen Strom, oder wenigstens über einen grossen Theil desselben auszudehnen, die Kenntniss des Gefälles im Allgemeinen und der Veränderungen desselben bei verschiedenen Wasserständen auf die einzelnen Stellen ist zur richtigen Beurtheilung der Stromverhältnisse höchst wichtig und oft sogar wichtiger, als diejenigen Umstände, welche

Stromcharte darstellen lassen. Die letztern haben in vielen Fällen einen weit beschränkteren Einfluss, man braucht sie nur anzuwenden, wo man gerade eine Correction vornehmen will. So, wie dieses häufig vorkommt, die Absicht nur dahin ist, die grössten Verwilderungen oder Schiffahrtshindernisse zu beseitigen, so kann man ohne wesentlichen Nachtheil eine der Stromcharte allein auf die auszubauenden Strecken und nächste Umgebungen beschränken, aber ein zusammenhängendes und gehörig weit ausgedehntes Nivellement ist nothwendig, um ein richtiges Urtheil über die Gefälle im Ganzen und auf einzelnen Strecken zu begründen, wenn die Arbeit den vollen Erfolg haben soll.

Bei der Ausführung des Nivellements wäre hier nichts weiter zu erwähnen, nur muss auf die Nothwendigkeit des Aufhanges an alle Festpunkte, die mit dem Strome in Berührung stehen, aufmerksam gemacht werden: dieses sind vornehmlich die Nullpunkte der Pegel, demnächst die Schleusen, die Fachbäume oder Rücken der Wehre, die Fachbäume der Mühlen u. dergl. Ausserdem darf man es nicht unterlassen, an sonstige feste Punkte in kurzen Entfernungen das Nivellement anzuschliessen, denn die ganze Arbeit verliert ihren Werth, wenn man sie nicht für einzelne Strecken wiederholen und dadurch die eingetretenen Veränderungen vermeiden kann. Zu diesem Zwecke ist es nothwendig, dass eine grosse Anzahl von Festpunkten längs dem Flusse, etwa in 200 Ruthen Entfernung von einander, künstlich bildet, wobei besondere Vorsicht ist erforderlich, dieselben so anzulegen, dass sie nicht leicht zerstört oder verändert werden. Statt von Pfählen oder von hohen Steinen, etwa Basaltblöcken hierzu allein keineswegs genügend, denn solche sind den zufälligen Beschädigungen beim Eisgange oder bei Veranlassung ausgesetzt, sondern die Grundbesitzer, denen diese Marken nicht leicht begreiflich zu machen ist, um gemeinhin eine Beeinträchtigung ihres Eigenthums zu vermeiden, und bemühen sich oft absichtlich, diese Zeichen fortzusetzen: es kommt sogar vor, dass sie dieselben ausheben und an andere Stelle versetzen, wo sie weniger hinderlich sind. Um theils lassen sich solche Unannehmlichkeiten vermeiden,

wenn die Leute vorher befragt und ihre Wünsche in Bezug auf die Stelle gehörig berücksichtigt werden. Da hierbei der Abstand vom Strom und ebenso auch der Abstand der Marken unter einander ohne Nachtheil etwas verändert werden kann, so ist es fast immer möglich, ein vollständiges Einverständniss herbeizuführen. Im den möglichen Fall aber, dass dennoch die Marke zerstört wird, muss man neben derselben unter der Oberfläche des Bodens eine zweite Marke, gewöhnlich einen flachen Stein anbringen, welcher gleichfalls an das Nivellement angeschlossen wird. Die Lage desselben muss im Situationsplane auch genau bezeichnet werden, damit man ihn jederzeit sicher wiederfinden kann.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Eintragung des Wasserspiegels in das Nivellementsprofil: wollte man während der Ausführung des Hauptnivellements gleich die Visirlatte am Rande des Stroms einstellen lassen und dadurch die Höhe des Wasserspiegels ermitteln, so würde man augenscheinlich alle Veränderungen des Wasserstandes, die während dieser Zeit vorkommen, mit einführen, und dadurch die Resultate so entstellen, dass sie ganz unbrauchbar werden. Der Wasserstand, den man im Nivellementsprofil einträgt, muss im Beharrungsstande sich befinden, das heisst dauernd anhalten, und er muss auch ziemlich gleichzeitig neben jeder einzelnen oben erwähnten Marke beobachtet worden sein. Es ist hierbei gleichgültig, ob das Nivellement schon beendigt ist, oder nicht. Die oben erwähnten Festpunkte müssen indessen zur Zeit der Beobachtung des Wasserspiegels herbeigesetzt sein, damit die Uebertragung der letztern auf diese unmittelbar nach der Beobachtung vorgenommen werden kann. Sobald die Aussicht vorhanden ist, dass ein passender Wasserstand eintreten wird, stellt man vor jedem Festpunkte am Rande des Stroms einen Pfahl auf, dessen Kopf horizontal und eben abgeschliffen ist. Die Höhe dieses Kopfes über dem Wasserspiegel wird zu der vorher verabredeten Zeit durch zuverlässige Leute gemessen. Wenn es auch keineswegs erforderlich ist, dass man für jede einzelne Messung einen besondern Beobachter anstellt, so darf man andrerseits auch nicht durch einen Mann in Strecken, von vielen Meilen Länge, alle Messungen vornehmen lassen, weil in diesem Falle die Beobachtungen zu wenig gleichzeitig ausfallen würden. Nichts desto weniger ist es doch immer räthlich, nur zuverlässige

ßen zu wählen, und wenn man solche nicht in gehöriger Anzahl disponibel hat, die Einzelnen so anzustellen, dass sie, nicht während eines halben Tages, eine lange Reihe von Pegeln ineinander beobachten. Es kommt hierbei noch der Umstand in Betracht, dass etwaige Aenderungen des Wasserstandes sich eben nach unten fortsetzen. Dieselben traten also keineswegs gleichzeitig an allen Pegeln ein, und wenn der Gehülfe in der Richtung stromabwärts seinen Weg nimmt und ausserdem für ein schnelles Fortkommen desselben gesorgt ist, so wird der Wechsel des Wasserstandes ihm nicht bedeutend voreilen, und sich beziehn sich alle Messungen, wenn sie auch nicht zu gleicher Zeit angestellt wurden, doch auf denselben Wasserstand.

Solche Messungen müssen indessen schon längere Zeit vorher bereitet werden, und sie sind nur in dem Falle zu gebrauchen, wenn der erwartete Beharrungswasserstand wirklich eintritt. An sämtlichen Hauptpegeln in der ganzen Stromstrecke werden während der Beobachtungszeit von Stunde zu Stunde die Wasserstände abgelesen und aufgezeichnet, dasselbe geschieht auch an vorhergehenden und nachfolgenden Tagen, damit man sich überzeugen kann, ob wirklich ein constanter oder Beharrungswasserstand stattgefunden habe.

Indem nun diese Beharrungswasserstände nicht häufig eintreten, sie auch selten so lange anhalten, dass man während ihrer die Vorberoitungen zu solchen Messungen vollständig treffen kann, so geschieht es sehr häufig, und namentlich wenn die Beobachtung eine lange Stromstrecke umfassen soll, dass die ganze Mühe Vergleichung der Wasserstände sich als vergeblich ausweist, indem der Strom während dieser Zeit zu fallen oder zu steigen anfing. Namentlich ist es besonders schwierig, etwas über Wasserstände auf diese Weise zu beobachten, indem solche nur noch kürzere Dauer, als die niedrigen zu haben pflegen. Man hat daher gewöhnlich während der Ausführung des Nivellements keine Gelegenheit, den Wasserspiegel des Stroms, und namentlich bei sehr verschiedenen Wasserständen, genau zu beobachten, und man muss diese nothwendige Ergänzung für eine spätere Zeit aufschieben.

Wenn der Wasserstand einem starken Wechsel unterworfen ist, so ist die gleichzeitige Anstellung der Beobachtungen ohne

allen Zweck, und es ist vielmehr viel wichtiger, an allen S nur das Maximum oder das Minimum zu beobachten, solches sich nach und nach an den einzelnen Pegeln. Diese Art von Messung lässt sich viel leichter ausführen, wenn sie an Wichtigkeit der erstern auch bedeutend so ist sie andererseits doch gewiss viel sicherer, als wie dieses gemeinhin geschieht, das Steigen und Fallen des V gar nicht berücksichtigt. Beim Nivelliren kleiner Flüsse, an Mühlen liegen, deren Wassermenge also durch den Betrieb selbst bedingt ist, lässt sich eine gleichmässige Strömung sonach ein übereinstimmender Wasserstand auf lange S gar nicht darstellen. Man müsste mehrere Tage hindern Mühlen ausser Betrieb setzen, bis das Wasser über die oder durch die Freiarchen einen ganz gleichmässigen Abfluss nimmt, und dieser Zustand des Flusses wäre ein kurzer der sich später nicht wiederholt; die Kenntniss desselben ohne reellen Nutzen. Dagegen giebt das abwechselnd ein Maximum und Minimum des Wasserstandes die Verhältnisse ziemlich sicher an, die man grade wissen will, kann die Pegel zu diesem Zwecke in ähnlicher Weise einwie die Thermometer, welche das Maximum und Minimum Temperatur angeben; wenn man sich aber nur auf die Bestimmung des Maximums beschränkt, so habe ich hierzu das Verfahren ganz brauchbar gefunden. Ich liess nämlich, die höchste Wasser eintrat, die erwähnten Pfähle oder Pegel einem recht fetten Thon bestreichen. Soweit derselbe vom Wasser benetzt wurde, erweichte er und fiel herab: der stark wusch sogar die Pfähle bis zu dieser Höhe ganz rein, die höchste Wasserstand liess sich auf diese Art bis zum Eintritte des nächsten Hochwassers so genau erkennen, dass man nicht um einen ganzen Zoll bei der Ablesung zweifelhaft bleiben. Zum Beweise für die Sicherheit der Methode diene abgesehen von der Umstand, dass zwei solche Pfähle, die nebeneinander standen, immer übereinstimmende Resultate

§. 60.

Tiefenmessungen.

Wann die Wassertiefe nicht bedeutend ist, misst man die Tiefe mittelst eines eingetheilten Maassstabes oder einer Peilstange.

Diese Vorrichtung ist höchst einfach: bei der Anfertigung der Peilstange ist vorzugsweise dahin zu sehen, dass die Theilung recht deutlich ist, und man die Ablesungen schnell machen kann, ohne dass immer eine besondere Vorrichtung des Stabes dem Beobachter zugekehrt werden muss. Eine grosse Genauigkeit ist bei den Tiefenmessungen nie zu erreichen, würde es eine ganz überflüssige Mühe sein, wenn man etwa die Theilung eines Zolles auf der Peilstange noch ablesen wollte. Umstand macht die Eintheilung der Stange in einzelne Fuss entbehrlich, denn man kann dieselben mit hinreichender Genauigkeit schätzen, wenn auch nur eine Eintheilung von 3 Fuss angebracht ist, welche sich weit leichter übersehen lässt. Vortheilhaftesten ist es, die Stangen rund zu behobeln und mit einer gelben Oelfarbe anzustreichen, die Theilungsstriche aber jedes Fuss mit einem schwarzen Strich anzudeuten, damit man von allen Seiten her die Theilung sehen kann. Wenn man etwa die ganzen Fuss mit schwarzen und die Viertelfuss mit rothen Strichen bezeichnet, ist das Beischreiben der Zolle ganz entbehrlich und man braucht auch die Fuss nicht zu numeriren, wenn man besondere Genauigkeit wählt, um einzelne Stellen zu unterscheiden.

Uebrigens kommt es nur darauf an, auf den seichten Stellen die Tiefe genau zu kennen, und man reicht sonach gewöhnlich eine Peilstange aus, deren Länge nur etwas grösser als die Tiefe des Stromes ist: für einzelne Stellen, wo dieses nöthig sollte, kann man eine längere Peilstange benutzen, aber sehr vortheilhaft, dass man den zum gewöhnlichen bestimmten Stab möglichst bequem einrichtet, weil er dann so häufiger und schneller gehandhabt werden kann. Er wird für ganz bedeutende Ströme, wie für die Weser oder Elbe, schon eine Peilstange von 8 Fuss Länge und 1½ Zoll Durchmesser ausreichen. Ist diese mit den erwähnten rothen und schwarzen Strichen versehen, die sich ringförmig um den Stab herum befinden, so braucht man nur den schwarzen Strich in der

Mitte, der 4 Fuss bezeichnet, zu markiren, und dieses geschieht am zweckmässigsten dadurch, dass man neben demselben auf jeder Seite noch einen ähnlichen Strich anbringt, so dass hier die Striche neben einander liegen. Alsdann wird ein Blick auf die Stange, während sie eingestellt ist, hinreichen, um die Fusse und Zolle, welche der Wasserspiegel abschneidet, sogleich zu erkennen, ja man kann sogar in einer weiten Entfernung die Messung ablesen und mit dem Fernrohre die jedesmaligen Tiefen ablesen.

Bei der erwähnten Anordnung tritt noch der Vortheil ein, dass nicht ein bestimmtes Ende der Stange nach unten gehen werden muss. Die ganze symmetrische Eintheilung gestattet ohne allen Nachtheil das Umkehren der Stange, und dieses gewährt in vielen Fällen, wenn nämlich das Wasser stark strömt, oder die Nachen schnell gerudert wird, noch den Nutzen, dass der Arbeiter, welcher die Peilstange führt, sie nach dem jedesmaligen Aussehen umdrehen, und eben dadurch viel schneller operiren kann.

Da die Stange durch das wiederholte Aufstossen, besonders bei kiesigem Grunde, an ihren Enden stark angegriffen wird, und diese Abnutzung eine Verkürzung zur Folge hat, welche mit der Zeit merkliche Fehler veranlassen kann, die um so nachtheiliger sind, als sie immer in demselben Sinne vorkommen, so ist es nöthig, dieser Abnutzung durch Eisenbeschläge vorzubeugen; es wird daher an jedem Ende ein Ring aufgesetzt, der die Stange begrenzt. Fig. 58 auf Taf. XXVIII. stellt eine Peilstange, wie sie hier beschrieben ist, in ihrer Eintheilung und mit den Beschlägen vor: die darauf anzubringenden rothen Striche sind durch die punktirten Linien bezeichnet.

Wenn die Tiefenmessung in sehr weichem Boden vorgenommen wird, so dringt die Stange bei ihrer geringen Stärke leicht in den Boden ein, und man beobachtet alsdann nicht mehr die wirkliche Wassertiefe, sondern vielmehr den Abstand des Wasserspiegels von einer festeren Erdschicht, wobei es nicht fehlen kann, dass der verschiedene Druck, den der Arbeiter beim Aufsetzen der Stange ausübt, auch ein ganz verschiedenes Eindringen derselben verursacht. Um in diesem Falle die Unsicherheit einigermaßen zu vermindern, pflegt man den Beschlag der Stange am dem untern Ende mit einer eisernen Scheibe von 3 bis 4 Durchmesser zu versehen, wie Fig. 58 a zeigt. Es würde

sein, an jedem Ende der Stange einen breiten hölzernen Kopf anzubringen. Solche Knöpfe lösen sich indessen sehr leicht oder sie reissen oder spalten in Folge der abwechselnden Benetzung und Austrocknung, woher die erste Einrichtung den Vorzug verdient.

Hat man sehr grosse Tiefen von mehr als 20 Fuss zu messen, was bei bedeutenden Strömen, wie z. B. beim Rhein nicht selten vorkommt, und auch bei kleineren Strömen stellenweise der Fall ist, besonders wenn man bei hohem Wasser sich von der Tiefe an einzelnen Punkten überzeugen will; so muss die Peilstange natürlich die angemessene Länge und Stärke haben: eben so wird aber der Druck des Wassers gegen sie sehr vermehrt und ihr Gebrauch erschwert, der schon an sich und namentlich bei heftiger Strömung nicht leicht ist. Man kann alsdann die Handhabung der Peilstange dadurch bequemer machen, dass man ihr unteres Ende auf 1 Fuss Länge oder noch weiter aus einem Bisse bestehn lässt. Auf diese Weise misst man am Rhein die Tiefen bis auf 40 und sogar 45 Fuss noch mit der Peilstange: bei diesen langen Stangen ist es indessen nothwendig, dass die Zahlen für die ganzen Fusse neben der Eintheilung beigeschrieben werden.

Ueber den Gebrauch der Peilstange wäre ferner zu merken, dass sie sehr nahe lothrecht stehen muss, während man die Ablesung macht, weil man sonst eine grössere Wassertiefe annehmen würde, als wirklich vorhanden ist. Wollte man aber bei starker Strömung, oder während der Nachen, auf dem man sich befindet, merklich schneller oder langsamer, als das Wasser fließt, die Stange lothrecht herabdrücken, so würde man die Messung bei kleinen Tiefen nur mit Mühe ausführen können, und bei grössern wäre es ganz unmöglich, da der Stoss des Wassers gegen die Stange zu heftig wird. Man stellt daher die Stange schief, und zwar in der Richtung herab, von wo das Wasser zum Nachen strömt: diese Strömung fasst die Stange, und zieht sie in die lothrechte Stellung. Der Arbeiter muss aber die Neigung, welche er der Stange giebt, so wählen, dass sie beim Berühren des Grundes den lothrechten Stand einnimmt, und eben in dieser Zeit muss die Ablesung nach vorgenommen werden. Beim Ausheben der Stange wird ihr unteres Ende noch

stärker zurückgedrängt, und das nächste Einsetzen lässt daher viel leichter ausführen, wenn jetzt das obere Ende schon nach vorne geneigt ist, eingestossen und sonach die jedesmal umgekehrt wird. Besonders gilt dieses für den Fall, wenn die Peilung in einem Nachen angestellt wird, der in ruhigem Wasser oder gegen den Strom bewegt, oder aber durch Rudern eine viel grössere Geschwindigkeit als der Strom erhalten hat.

Um die Verschiedenheit der Tiefen in dem Fahrwasser erkennen, ist es zuweilen sehr wichtig, die Peilstange in kurzen Zwischenzeiten den Boden berühren, oder ihr Ende darauf demselben streichen zu lassen. Da man sie in dieser in der lothrechten Stellung erhalten muss, so ist es nothwendig, dass der Nachen sehr nahe dieselbe Geschwindigkeit, wie das Wasser hat. Bei starker Strömung ist jedoch die Geschwindigkeit in der Tiefe schon so viel geringer, dass man mit den Händen allein die Stange gar nicht mehr erhalten kann. Man kann alsdann aber eine gehörige Unterstützung durch eine Leine, die vom vordern Ende des Nachens aus, und zwar so tief, als nur geschehen kann (damit die Ruderer nicht behindert werden) gegen das untere Ende an die Stange gebunden ist.

Wenn die Wassertiefe sehr gross, und dagegen die Strömung nur geringe ist, oder ganz aufhört, so lässt sich die Tiefe leichter durch das Loth ermitteln: die Genauigkeit der Messung leidet dabei freilich, aber gerade bei grossen Tiefen ist die Messung derselben auch am wenigsten Bedürfniss. Das Loth besteht aus einem Bleicylinder, an dessen oberem Ende eine eiserne Oese angegossen ist, in welche eine Leine angehängt wird, und diese ist mit eingebundenen Lappen oder Lederstreifen versehen, an welchen man die Einsenkung des Lothes in die Tiefe des Wassers beobachtet. Wenn kein Strom stattfindet, so ist das Fahrzeug, von welchem aus die Messung vorgenommen wird, gleichfalls in Ruhe ist, so bietet der Gebrauch des Lothes keine Schwierigkeiten dar. Gewöhnlicher geschieht es aber, dass das Fahrzeug in Bewegung ist, und alsdann kommt es vor, dass das Loth schon den Grund berührt, während es gerade unter dem Fahrzeuge befindet. Wollte man dasselbe nur herabfallen lassen, so würde es bei grosser Tiefe den

schnell genug durchlaufen können, und man würde unrichtige Resultate erhalten. Das Verfahren beim Gebrauche des Lothes ist wieder dem schrägen Ausstossen der Peilstange ähnlich, oft es nämlich nach Maassgabe der grössern oder mindern Vor dem Fahrzeuge so weit voraus, dass es gerade den Grund berührt hat, während man sich lothrecht darüber befindet. Eine grosse Uebung ist zum gehörigen Auswerfen des Lothes, welches für grosse Tiefen nothwendig, ausserdem muss das Loth ein hinreichendes Gewicht haben, damit es im Wasser rasch genug herabfällt, und die Leine gleichfalls nachzieht. Man wählet daher gewöhnlich ein Gewicht von 5 bis 10 Pfunden an, in grossen Tiefen in der offenen See muss dasselbe aber bis 20 Pfd. und darüber betragen. An dem Lothe ist in der Regel eine Einrichtung getroffen, dass man auch die Bodenart erkennen kann, welche es berührt. An der untern Basis des Lothes, an dem Befestigungspunkte der Leine gegenüber, ist zu diesem Ende eine Höhlung angebracht, die etwa den halben Durchmesser des Lothes zur Weite hat. Dieses Loth füllt man mit Sand, und streicht denselben so reichlich ein, dass er mit seiner convexen Oberfläche den ganzen Boden des Lothes bedeckt. Beim Sinken kommt daher mit dem Grunde in Berührung und der Sand, sowie die kleinen Steinchen, Muschelschaalen u. dergl. sinken mit sich hinein und werden mit hinaufgezogen, während die harten Steine einen Eindruck zurücklassen, der sie gleichfalls zu erkennen giebt. Nur der ganz weiche Grund bringt eine merkliche Veränderung in der Oberfläche des Talges hervor, von wodurch man auch diese Bodenart erkennen kann.

In neuerer Zeit hat man auf den grössten Seeschiffen und auch auf den Kriegsschiffen das sogenannte Patentloth allgemein eingeführt: bei demselben wird die Tiefe nicht durch die Länge des eingetauchten Theiles der Leine, sondern durch die Anzahl der Umdrehungen einer Achse gemessen, auf welcher vier spiralförmig gewundene Flächen, wie Windmühlenschrauben, angebracht sind. Man wirft dieses Loth mit einer hinreichenden Masse über Bord, so dass es den Grund erreichen kann, und es demnächst wieder an derselben Leine heraufzuziehen im Stande ist. Vermöge seines grossen Gewichtes stürzt es schnell und ganz frei herab, ohne selbst an den Drehungen der

erwähnten Achse Theil zu nehmen, da seine flache Form, die eines Fisches ungefähr übereinkommt, dieses verhindert. Die Drehung der Achse theilt sich nur vermöge des Räderwerks den Zeigern mit. Sobald das Loth den Grund berührt, verursacht ein Stoss gegen das untere Ende eine Auslösung des Räderwerks, welches sonach beim Herausziehen sich nicht weiter dreht, obgleich die Achse selbst mit den Flügeln in fortwährender Bewegung bleibt. Man öffnet alsdann eine Klappe an der Seite des Lothes, liest auf zwei Zifferblättern nach der Stellung der Zeiger abnehmbar die Tiefe ab, in welche das Loth herabgestürzt war.

Bei allen Peilungen, die Behufs der Untersuchung des Wassers vorgenommen werden, ist es von der äussersten Wichtigkeit, die Stellen genau zu kennen, wo die Messung vorgenommen wird; ohne diese Kenntniss wird der Zweck beinahe verfehlt. Eine bestimmte gerade Linie lässt sich selbst auf einer ausgedehnten Wasserfläche noch leicht verfolgen, wenn man nur eine Linie auf dem einen Ufer durch zwei kenntliche Marken, in gehöriger Entfernung von einander bezeichnet hat, und wenn man den Nachen so steuert, dass diese beiden Marken einander während decken. Wenn keine sonderliche Genauigkeit in der Messung erforderlich und überdies die Geschwindigkeit des Nachens in dieser Linie nicht sehr verschieden ist, so kann man die Voraussetzung machen, dass der Nachen den ganzen Weg zwischen einem Ufer bis zum andern mit gleicher Geschwindigkeit zurücklegt, und dass sonach die in gleichen Zwischenzeiten vorgenommenen Tiefenmessungen auch gleichmässig über die ganze Breite des Stromes vertheilt sind. Die Gültigkeit dieser Voraussetzung ist jedoch gemeinhin von vielen Zufälligkeiten abhängig, und muss daher, wenn sichere Resultate verlangt werden, ein anderes Mittel zur Bestimmung der Entfernungen wählen.

Am gewöhnlichsten ist es, dass man in solchem Falle eine starke Leine quer über den Strom spannt, an die Lederstangen angebunden sind, welche die Entfernungen markiren. Man lässt alsdann einen kleinen Nachen an der Leine quer über den Strom bewegen und jedesmal, wenn man an einen solchen Lappen kommt, die Tiefenmessungen vornehmen. Es können jedoch auch bei dieser Anordnung noch bedeutende Fehler vorkommen, die aus der starken Verlängerung der Leine ihren Grund haben. Um

ungen und namentlich um der Leine die hygroskopische Eigenschaft zu nehmen, vermöge deren sie sich bei Eintauchung stark verkürzt, pflegt man sie, ehe die Längen gemessen werden, in heisses Leinöl zu tauchen, damit sie ganz durchgezogen wird, und sie später nicht mehr zusammenziehen kann. Wenn hierauf das Oel abgeträufelt und etwas trockner geworden ist, reibt man sie mit weichen Lappen ab, so dass sie eine glänzende, gleichförmige Oberfläche erhält. Hierauf zieht man sie recht kräftig in demselben Grade, wie dieses beim Ausspannen der Fall ist, und in diesem Zustande misst man sie und bindet in Entfernungen von etwa 1 Ruthe die Markirungen ein. Es ist indessern bei der grossen Elasticität immer leicht möglich, dass sie auch in diesem Falle eine Ausdehnung beim Gebrauche annimmt, da schon wenn sie in denselben eintaucht, ihr eine sehr starke Spannung theilt. Am passendsten ist es, dass man die Breite nicht allein durch die Leine, sondern zugleich durch eine trigonometrische Messung bestimmt. Die Differenz zwischen beiden zeigt alsdann den Fehler in dem Maasse der Länge, wenn man in der letztern die Theilungspunkte gehörig geprüft und controllirt hatte, so darf man annehmen, dass derselbe sich gleichmässig über die ganze Länge verbreitet, und man kann daher, um wie viel Zolle jeder einzelne Theil zu gross oder zu klein ist.

Man wird die Leine häufig auf eine höchst nachtheilige Weise nur verlängert, sondern auch stromabwärts gezogen, wenn man den Nachen, von welchem aus die Tiefenmessung gemacht wird, allein an der Leine hält, und den Stoss, den der Strom gegen ihn ausübt, auf sie überträgt. Wenn hierbei die Leine unverändert bliebe, so würde der Nachen eine gerade Linie, sondern in einem elliptischen, umgekehrten Bogen quer über den Strom bewegen, und die beiden Brennpunkte der Ellipse mit den Enden der Leine zusammenfallen. Man vermeidet dies, wenn man den Nachen durch andere Leinen, die an einem Anker befestigt sind, gegen den Stoss des Stromes unterstützt, so dass die eingetheilte Leine nur dazu

dient, den Nachen in die richtigen Entfernungen vom Ufer zu stellen. Fig. 59 zeigt diese Anordnung, und es ist darin angegeben, wie man mittelst zweier Signale an einem Ufer eine Linie, in der das Profil gemessen werden soll, leicht erkennt, und hiernach den Punkt genau bestimmen kann, wo jedesmal die Peilstange ausgestossen werden muss.

Bei Anwendung mehrerer Signale kann man auch ohne die Leine einzelne Punkte in dem Profile markiren und hierbei zugleich die Einrichtung so treffen, dass in bestimmten Abständen von einander die Profile gemessen werden. Der Umstand, dass nicht alle Punkte im Profile markirt sind, und man zwischen denselben die Stellen, wo die Tiefen gemessen wurden, gleichmässig vertheilen muss, kann keine bedeutende Fehler veranlassen, insofern jene ersten Punkte nahe genug neben einander liegen. Es ist dabei aber nicht mehr nothwendig, dass das andere Ufer sehr wenig entfernt sei, man kann vielmehr diese Methode auch im Meeresufer anwenden, wie sie in der That bei den Peilungen vor Swinemünde seit langer Zeit benutzt wird. Fig. 60 zeigt die hierbei getroffene Anordnung. Durch die beiden Signale *M* und *N* ist die Richtung des zu messenden Profiles *PM* gegeben; die beiden Signale *R* und *S* bezeichnen aber in der Linie *PM* den Punkt *P*, und der Punkt *T* wird markirt, sobald man die letzten Signale auf die vorher abgesteckten Punkte *U* und *V* aufsteht. Während man also das eine Profil misst, dessen Richtung durch zwei feste Signale gegeben ist, stellen zwei Arbeiter nach und nach die beiden beweglichen Signale an den durch Pfählechen vorher bezeichneten Stellen auf, und markiren dadurch einzelne Punkte in jenem Profile. Sobald das erste Profil aber gemessen ist, stellt man die beiden festen Signale in der Richtung des nächsten Profiles auf, und die beiden beweglichen Signale werden nach und nach immer nach entfernteren Stellen gebracht. In dieser Weise geht die Aufnahme sehr schnell von statten, da sowohl auf dem Hinwege, als auf dem Rückwege jedesmal ein Profil gemessen wird. Es lassen sich auch die Tiefen an den zwischenliegenden Punkten in den einzelnen Profilen noch mit hinreichender Sicherheit finden, wenn gleichmässig gerudert und gepeilt wird, man beim Aufschreiben der gefundenen Tiefen jedesmal den Durchgang durch eine Scheidungslinie markirt.

mit der beiden beweglichen Signale, deren Verstellung nicht ist, wenn sie noch in bedeutender Entfernung gesehn werden, kann man auch im Boote Winkelmessungen gegen stark markirten Gegenstand in passender Entfernung vor-, sowie auch durch ähnliche Messungen sich der Abstand nem recht hohen Gegenstande noch viel leichter, wenn auch mit weniger Genauigkeit, ermitteln lässt. Gesetzt, die aufzunehmende Wasserfläche sich im Halbkreise um einen Thurm, etwa einen Leuchthurm in der Nähe der Mündung eines Flusses hinzieht, und man beim Messen immer die freie Aussicht dem Thurme behält; so kann man durch Signale, die in geringer Entfernung von dem Thurme angebracht sind, die Längen der Profile, die wie Radien eines grossen Kreises sämmtlichen Thurm treffen, genau genug markiren.

Man wählt am Thurme zwei Stellen, etwa den höchsten Rand der Kuppel und die Brüstung oder den Sturz der ersten Fensterbank, oder aber ein stark markirtes Gesimse und dergleichen. Wenn man die Höhendifferenz beider, so ist es leicht, aus dem Winkel, den sie gegeneinander machen, die Entfernung vom Beobachter zu berechnen, und man kann diese Entfernungen tabellairisch zusammenstellen, so dass man beim Auftragen keine speciellen Berechnungen vorzunehmen braucht, sondern nur in der Tabelle die gefundenen Winkel entsprechende Entfernung aufsuchen darf. Hat die Höhendifferenz beider Marken betrage 60 Fuss, und habe den Winkel zwischen beiden mit 30 Minuten abgelesen, und er wirklich 31 Minuten betrug, so würde der Abstand 100 Ruthen statt 554 gefunden werden. Wenn dagegen der Winkel 1 Grad statt 1 Grad und 1 Minute gemessen wäre, so würde der Abstand vom Thurme nicht 286 Ruthen, sondern nur 282 Ruthen betragen. Man muss auch in diesem Falle, wie immer, wenn man die Messung vornimmt, sich darüber Rechenschaft geben, welche Fehler man wahrscheinlich noch begehen wird, und ob diese Einfluss auf die Resultate vernachlässigt werden darf. Beim Gebrauche eines guten Spiegelsextanten wird in ruhigem Wetter der wahrscheinliche Fehler nicht leicht eine Minute erreichen. Man darf aber bei Beurtheilung dieser Methode nicht unbeachtet lassen, dass die früher beschriebene Messungsart mittelst der Signale gleichfalls zu Fehlern Veranlassung geben kann, die leicht zu vermeiden sind. (Bogen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl. 15)

noch viel grösser als diese ausfallen, indem man dabei die Controle nur von der Gewissenhaftigkeit der Hülfswärter abhängig ist, welche die Signale einstellen. Für viele Fälle, namentlich bei der Aufnahme weit ausgedehnter Wasser, wird die zuletzt beschriebene Methode hinreichende Genauigkeit geben, und sie hat den sehr grossen Vorzug, dass ein Theil der Messung selbst beaufsichtigen kann. Ein Arbeiter dabei peilen, ein anderer führt das Steuer, und achtet nur, dass das Boot immer scharf in der angegebenen Richtung; ferner notirt ein Gehülfe alle Tiefen nach einander, und schreibt er mit genauer Beobachtung der Zeitfolge die entsprechenden abgelesenen Winkel ein. Der Beobachter, der misst, kann in den Zwischenzeiten das Peilen, das Journal auch die Richtung des Bootes controliren. Hierbei kommt der wesentliche Vortheil in Betracht, dass die wichtigsten Punkte des Fahrwassers durch Seemarken bezeichnet zu sein, deren Lage man vorher oder bald nachher durch eine trigonometrische Messung vom Ufer aus bestimmen kann. Sie liefern wieder zu einer sehr sichern Controle der Winkelmessung, der daraus hergeleiteten Abstände von dem angenommenen Centralpunkte benutzen. Man kommt nämlich, wenn man sich in der Nähe befindet, vielfach in die Richtung von je zweien oder auch wohl bei einzelnen sehr nahe vorbei. Wenn in den Journalen neben den Tiefenmessungen notirt wird, und die Verbindungslinie der Tonnen beim Aufragen hiermit übereinstimmt, so kann man wohl sicher sein, dass wenigstens der grösste Theil der Aufnahme hinreichend genau ausgefallen ist.

Es wird sich nicht leicht treffen, dass die Localität, die man angenommenen Eigenthümlichkeiten wirklich besitzt, und man könnte es scheinen, dass sich nur selten die Gelegenheit zu finden möchte, von dieser Methode Gebrauch zu machen. Bei der Aufnahme können jedoch mancherlei Modificationen eintreten, ohne dass man an Bequemlichkeit und Sicherheit verliert. So ist es nicht nothwendig, dass der Centralpunkt, in welchem die Stationen der sämmtlichen Profile sich vereinigen, zugleich ein sehr hohe Signal bilde, von welchem ab man durch Messung des Höhenwinkel die Abstände bestimmt. Wenn auf der Spitze in die See vortretenden Hafendamms ein Leuchtturm

hohes Signal zur Bezeichnung des Fahrwassers steht, so dass es besonders bequem zum letzten Zwecke benutzt werden es von allen Seiten her sichtbar ist, und man ausserdem Kuppel oder eine andere scharf markirte Stelle gegen Horizont der See messen kann. Die Errichtung solcher Signale ist auch keineswegs so kostbar, dass man sie nicht behufs Messung allein vornehmen sollte. Zur scharfen Markirung der Richtungen, in welche man die Profile legen kann, finden sich häufig markirte Gegenstände schon vor, es ist aber immer vortheilhaft, dieselben so zu wählen, dass die Linien durch Punkte bezeichnet werden, die nicht nahe neben einander liegen.

Eine vollständige trigonometrische Operation muss der Messung vorangehen, wodurch alle zu den Marken sich eignenden Punkte im Situationsplane sorgfältig eingetragen werden: und nachdem dieses geschehen ist, so sucht man hiernach die passenden Stellen für die Profile, bei denen es zwar Bedingung ist, dass dieselben gleichmässig vertheilt sind, und besonders an solchen Stellen nahe genug neben einander liegen, wo es vorzugsweise darauf ankommt, die Tiefen genau zu kennen: dagegen ist es keineswegs nöthig, dass die Profile in aller Schärfe gleich weit voneinander liegen. Man wird ausserdem, wenn auch entferntere Punkte mit berücksichtigt sind, leicht Linien durch dieselben legen können, welche alle oder mehrere Profile schneiden, und wenn man beim jedesmaligen Durchfahren der Letztern die Durchschnitte beobachtet, so liegt hierin wieder eine sehr brauchbare Controle der Messung.

In Betreff der schwimmenden Marken, welche das Fahrwasser bezeichnen, muss aber noch erwähnt werden, dass dieselben gewöhnlich an so langen Ankerketten liegen, dass sie ihre Lage merklich verändern können, und sonach der Wind und die Bewegung ihre Lage bedingt. Es ist deshalb, wie schon erwähnt worden, nothwendig, dass man ihre Lage unmittelbar vor oder nach der Messung bestimmt.

In der angegebenen Art lässt sich die Tiefenmessung über eine grosse Fläche leicht in kurzer Zeit ausdehnen und häufig wiederholen, ohne dass es nöthig wäre, sehr zeitraubende Rechnungen jedesmal anzustellen. Hierin liegt ein wesentlicher Vorzug dieser Methode, und namentlich vor derjenigen, wobei man

die Lage einzelner Punkte, durch Messung der Winkel, zwischen je drei Marken bestimmt. Es kommt beim Wasserbau sehr darauf an, die Veränderungen des Bettes häufig zu untersuchen: hiernach allein kann man die Ursache dieser Veränderungen richtig be-theilen, und die passenden Mittel wählen, um gewisse beabsichtigte Wirkungen herbeizuführen. Wenn jede einzelne Messung aber weitläufige Rechnungen bedingt, so unterbleibt die Arbeit gewöhnlich ganz, oder sie wird unvollständig und ungenau ausgeführt und nur selten wiederholt. Man wird von dieser Methode bei Strömen nicht leicht Gebrauch machen können, ihre eigentliche Anwendung findet sie nur bei grossen Wasserflächen, also an den Mündungen der Ströme oder in der See: ich habe sie indessen schon hier vollständig beschrieben, um später darauf nicht wieder zurückkommen zu dürfen.

Die bisher erwähnten Methoden zur Messung der Tiefe werden eine hinreichende Ansehnung der Unebenheiten des Bodens voraussetzen, um dieselben mittelst der Peilstange noch sicher wahrnehmen zu können. Dieses ist auch immer der Fall, wenn das Bett aus losem Geschiebe oder feinerem Material besteht: sobald aber ein wachsender Felsboden unter dem Wasser ansteht, so bilden derselbe häufig in so scharfe Spitzen oder Kanten aus, dass dieselben bei dem Aufstossen der Peilstange gar nicht trifft, und man sonach die Wassertiefe für grösser hält, als sie wirklich ist. Wenn man aber auch, wie oben erwähnt worden, die Peilstange längs dem Boden streichen lässt, so geben sich dadurch nur die Unebenheiten in einer einzigen Linie zu erkennen, und sie bleiben unbemerkt, sobald sie seitwärts liegen. Gewöhnlich bilden sich an den Stellen, wo Felsbänke den Strom durchsetzen, sehr heftige Strömungen, welche den Nachen, wenn er vor Anker gelegt wird, gar nicht eine ruhige Stellung einnehmen lassen, sondern ein starkes Schwanken derselben verursachen, und an seiner Seite ausserdem ein merkliches Anschwellen des Wassers hervorbringen, wodurch wieder der Gebrauch der Peilstange, wenn man wirklich die Vorragungen des Bettes trafe, ganz unsicher würde. Von dieser Art sind die Verhältnisse des Rheins im Binger-Lock und auf andern benachbarten Felsbänken. Im Schifffahrtsinteresse ist es dringend nöthig, diejenigen hohen Felsblöcke zu entfernen, welche im oder dicht neben dem gewöhnlichen Fahrwasser

auf welche die Schiffe daher leicht aufstossen können: bevor man die Fortsprengrung derselben eingeleitet werden kann, man wissen, wo und wie hoch sie liegen. Bei der bedeutenden Tiefe des Rheins, verbunden mit der heftigen Strömung, der blosse Anblick der Wasserfläche die gefährlichen Untiefen, die vielleicht auch nur um wenige Zolle über dem Bette erheben, durchaus nicht deutlich erkennen. Nur in einzelnen Fällen bemerkt man ein Aufwirbeln des Wassers, doch ist auch dies so unscheinbar, dass man es nur bei sehr grosser Aufmerksamkeit wahrnimmt. Nichts desto weniger sind solche unbekannte Vorrangungen im Bette höchst gefährlich, weil der Rhein hier oberhalb, wie auch unterhalb eine grössere Tiefe hat, und so die Ladungen der Schiffe so gewählt werden, dass sie nur eben über und zwischen diesen Untiefen hindurch schwimmen können. Eine Felsspitze, welche daher auch nur sehr wenigragt, trifft schon den Boden des Schiffes und beschädigt ihn, besonders wenn das Schiff stromabwärts führt und mit der ganzen Schwindigkeit des Stroms sich bewegt. Die Führung der Schiffe in dieser Gegend seit langer Zeit ein Gegenstand der Privat-Industrie geworden: kein Schiffer wagt es bei einem Wasserstande, bei er diese Klippen fürchten muss, selbst sein Schiff hindurch zu steuern, sondern er nimmt an den bestimmten Stationen Lootsen

Dieser Umstand ist für die Untersuchung des Stroms wieder sehr höchst nachtheilig, als die Schiffer, wie sehr sie es auch wünschen, dass die Gefahren beseitigt werden, dennoch mit denselben ziemlich unbekannt sind und keine nähere Auskunft darüber geben können. Für die Lootsen dagegen sind diese Gefahren die Quelle eines reichen Erwerbs: sie zeigen sich daher wenig willig, zur Fortschaffung derselben behülflich zu sein, oder auch die Lage der Klippen dem Baubeamten mitzutheilen. Der verstorbene Bauinspector Elsner in Coblenz hat sich während einer langen Reihe von Jahren bemüht, diese gefährlichen Punkte aufzufinden, und ihre Stelle genau zu ermitteln. Aus dem Wege, welchen er die tiefgeladenen Schiffe gehen sah, schloss er zum Theil auf das Vorhandensein der Klippen, zum Theil geben die Schäden sich auch dadurch zu erkennen, dass Schiffe darauf gerathen und beschädigt waren, in welchem Falle die Schiffer selbst eine nähere Auskunft geben konnten. Doch dieses alles diente

nur zur vorläufigen Kenntnissnahme: die Lage und die Höhe vorstehenden Felsköpfe müsste durch eine specielle Untersuchung ermittelt werden. Hierzu wurde ein besonderer Apparat benutzt, dessen Anwendung freilich, wie es nicht anders sein konnte, viel Zeit und eine grosse Sorgfalt in Anspruch nahm, womit jedoch der Zweck in der Hauptsache ganz sicher erreicht wird, wie ich hiervon mich zu überzeugen Gelegenheit gehabt habe.

Die Beschreibung und Zeichnung des Apparates (Fig. 6) welche ich hier mittheile, stimmt nicht in allen Specialien mit derjenigen Anordnung überein, die wirklich gewählt war: es wurde jedoch manche Aenderungen dabei schon beabsichtigt, um die nöthige Verstärkung und zugleich eine grössere Schärfe in der Einstellung hervorzubringen. Ausserdem machte das angebrachte Räderwerk, das in gezahnte Stangen eingriff, den Apparat ziemlich kostbar: ich habe in der Zeichnung dafür Leinen angegeben, welche oben an einscheibigen Blöcken befestigt sind, und an letzteren windet sich das lose Ende um Walzen, die von der einen Seite mit einer Kurbel und von der andern mit einem Sperrrad versehen sind, damit die Kurbel nicht mit der Hand festgehalten werden darf. Wenn die Zähne des Sperrrades einen halben Zoll lang sind, das Sperrrad selbst aber einen etwas grössern Durchmesser als die Windung der Leine um die Walze hat, so lässt sich eine Aenderung in der Höhe von weniger als $\frac{1}{4}$ Zoll schon hervorbringen, und dieses dürfte für alle Fälle genügen. Der wesentlichste Theil ist eine schwere hochkantige Schiene oder Lintel von Eisen, welches die vorragenden Felsköpfe berühren soll. Um ein Durchbiegen desselben zu verhindern ist es durch eine hölzerne Latte verstärkt: es ist 15 Fuss lang und wird durch zwei senkrechte Arme gehalten, mit denen es durch Winkelhaken verbunden ist. Die Arme sind in Fusse und Zolle getheilt, dass man an denselben unmittelbar die Tiefe des untern Randes unter dem Wasserspiegel ablesen kann. Die Vorrichtung zum Heben und Senken des Apparats ist bereits beschrieben. Ich wäre hier nur noch zu bemerken, dass er schwer genug sein muss, um auch unter Wasser die lothrechte Stellung sicher zu behalten. Nur in dem Falle, wenn die Schiene gegen den Boden stösst, dreht sich der ganze Rahmen um den hölzernen Riegel, der ihn trägt: dieser Riegel ist in der Zeichnung durch Schra-

markirt. Die Bügel, welche die Arme halten, sind an der Kante des Riegels angebracht und mit Charnieren versehen, so die Drehung des Rahmens möglich gemacht wird. Die Operation beginnt damit, dass man sich mehrere Signale, an den Ufern, theils im Strome, und zwar im Letztern schwimmende Marken bildet, und die Lage derselben in Karte einträgt: alsdann werden die Nachen mit dem Apparat auf der zu untersuchenden Stelle vor Anker gelegt, und man an das Ankertau ein langes Ende an, um mittelst desselben Nachen immer wieder heraufziehen zu können. Zunächst stellt die Schiene auf die erforderliche Fahrtiefe bei dem grade stehenden Wasserstande ein, doch dieses lässt sich mit hinderlicher Schärfe nicht machen, so lange die Nachen noch vor Anker fest liegen, denn alsdann schwanken sie in Folge des Stosses, den der Strom dagegen ausübt, so sehr, dass der Apparat abwechselnd immer hebt und senkt. Erst wenn der Nachen treibt und das Tau ausläuft, hört das Schwanken auf, und lassen sich beide Arme der Schiene leicht übereinstimmend, auf gleiche Tiefe einstellen. Alle Personen müssen sich nun sehr ruhig verhalten. Die schwankende Bewegung und Liegenstossen und Rauschen des Wassers hört plötzlich vollständig auf, dass man die feinste Berührung der Schiene mit dem Grunde fühlen und hören kann, stößt sie aber gegen eine Unebenheit oder Vorragung, so legt sich der Apparat gleich um und gleitet auf diese Weise über das Hinderniss fort. Hat man sich auf diese Art davon überzeugt, dass der Felsboden sich an einer Stelle zu hoch erhebt, so kommt es darauf an, seine Höhe noch genauer zu ermitteln oder seine Tiefe unter Wasser bestimmt zu messen. Dieses geschieht, indem man die Schiene nach und nach etwas höher stellt, und zusieht, bei welcher Höhe das Gegenstande aufhört. Die schwimmenden und die festen Marken müssen hierbei die Richtung des Weges erkennen lassen, in welcher die Nachen herabtreiben, und zugleich die Stelle, wo die Berührung des Bodens stattfand. Wenn sie passend vertheilt sind, so lässt sich dieses durch blosser Schätzung so genau erreichen, dass man die Stelle immer wieder leicht auffinden kann. Das Fahrwasser hat indessen in einer viel grösseren Breite, als die Schiene hat, die gehörige Tiefe haben, daher bringt man, nachdem

die Untersuchung so weit gediehen ist, ein zweites Auf der Seite des ersten aus, doch kann man auch vor dem ersten, wenn man den Nachen überscheren lässt, leicht eine Breite von etwa 60 Fuss umfassen. Nothwendig ist es hierbei, dass die eine hinreichende Anzahl von Marken hat, um jedesmal den Nachen genau auf die beabsichtigte Stelle bringen zu können. Es zeigt sich hieraus das Mühsame dieses Verfahrens, und die Möglichkeit keineswegs die Resultate so vollständig, wie man bei sonstigen Feilungen zu erhalten pflegt. Ganz sicher bestreitet man nur, dass eine für die Schifffahrt nachtheilige Erhebung des Bodens vorhanden sei, man kann auch die Tiefe ihres höchsten Punktes unter Wasser mit der erforderlichen Schärfe ermitteln, sowie auch ziemlich genau die Stelle, wo sie liegt. Ganz unbekannt bleibt aber ihre Ausdehnung und man weiss gleich nicht, ob nur eine Untiefe vorhanden sei, oder ob mehrere hinter und neben einander liegen, denn nur die höchste zeigt sich zu erkennen.

Nachdem die Tiefenmessungen in einem Strome angestellt sind, lassen sich die erforderlichen Profilzeichnungen zusammenstellen. Beim Längenprofil wird der Längenssack gewöhnlich eben so gross gewählt, wie er für die Charte angenommen war: es ist aber bequemer, wenn man einen bestimmten kleineren Maassstab anwendet, um das Profil, den Strom nicht mehr gekrümmt darstellt, auf demselben aufzeichnen zu können; dass alsdann das letztere den Strome in gleicher Richtung, wie die Charte darstellen muss, darauf erwähnt werden. Der Höhenmaassstab muss aber so genommen sein, dass sich die gemessenen Höhendifferenzen und Tiefen noch deutlich markiren: man wählt gemeinhin die natürlichen Grösse.

Das Längenprofil wird gewöhnlich in dem sogenannten Stromstriche gemessen und aufgetragen: man versteht aber unter dem Ausdruck Stromstrich die Richtung der stärksten Strömung, ist schwer dieselbe genau zu ermitteln, doch ist hierbei keine grosse Schärfe auch nicht erforderlich, und man kann sich damit, dieselbe nach dem Wege, den freischwimmende Bojen bei ruhiger Witterung verfolgen, zu bestimmen. Gewöhnlich wählet man diesen Weg nur nach dem Augenmaasse in die Charte

Regel trifft der Stromstrich mit der grössten Tiefe in den Profilen zusammen, und daher bestimmt man seine Lage auch durch die letztern. Man könnte hiernach beide Definitionen auch verbinden, dass man sagte, der Stromstrich liege in derjenigen Section jedes Querprofils, welche unter allen Sectionen gleicher Breite die grösste Wassermenge abführt. Beim Horabrennen verfolgen die Schiffer theils die stärkste Strömung, um den Weg zurückzulegen, theils aber suchen sie auch das Fahrwasser, und insofern Beides im Stromstriche sich zu vereinigen pflegt, so ist der Stromstrich wieder mit dem Thalso übereinstimmend: das letzte Wort ist daher auch in gleicher Bedeutung, wie bei uns das erste in die Französische Sprache eingegangen.

Die Höhe des Wasserspiegels bei gewöhnlichem kleinen Wasser nach dem Nivellement aufgetragen, und die alsdann stattfindenden Tiefen im Stromstriche mit Angabe der Bodenart eingetragen: die Zahlen müssen jedesmal beigeschrieben werden, wie die Tiefen misst man, wenn nicht etwa besondere Veranlassung zur schärferen Ermittlung derselben vorhanden ist, in Abständen von 10 zu 10 Ruthen. Ausserdem muss dieses Profil auch noch die Höhe der Wiesenflächen, sowie der Aecker, welche neben dem Strom befindlich sind, angeben. Man stellt es, wie es auch bei uns vorgeschrieben ist, das rechte Ufer durch ausgezogene und das linke durch punktirte Linien dar. Falls die Angabe der Leinenpfade im Profile sehr wichtig ist, auch die der Brücken, der Deiche und sonstigen mit der Fahrt oder dem Strome in naher Beziehung stehenden Gegenstände. Endlich werden darin auch noch andere Wasserstände, namentlich die höchsten, soweit sie sich ermitteln lassen, eingetragen.

Die Querprofile, welche sehr grossen Veränderungen unterworfen sind, so lange man den Strom sich selbst überlässt, und deren Aufnahme auch bedeutende Kosten zu verursachen pflegt, kann man gewiss nur an solchen Stellen, wo behufs einer nöthigen Stromcorrection ihre Kenntnisse nothwendig ist. In dem Falle ist es am angemessensten, sie in demselben Maassstabe, der für die Höhen des Längenprofils gewählt war, zu zeichnen, und zwar so, dass derselbe auch für die Längen angenommen

wird, wodurch eine unnatürliche Verzerrung der Figur vermieden und der Vortheil erreicht wird, dass die Dossirungen sich richtig darstellen.

Aus den Querprofilen lässt sich leicht der Flächeninhalt des selben oder der Querschnitt des Stroms berechnen. Da kann man natürlich nur diejenigen Abstände des Bettes zum Wasserspiegel zum Grunde legen, die man wirklich gemessen hat, für die zwischenliegenden Stellen ist es aber ungewiss, das Bett nach oben oder nach unten gekrümmt sei. Die wahrscheinlichste Voraussetzung, die man hierüber machen kann, offenbar, wenn man annimmt, dass die Verbindungslinien gerade Linien sind. Diese Annahme führt unmittelbar zu einer leichten Berechnung des Profils. Die Tiefen seien, wie in Fig. 1 angenommen ist, in gleichen Abständen gemessen, und gleich t, t', t'' u. s. w. gefunden, während diese Abstände gleich a sind. Alsdann bilden sich an den Seiten Dreiecke und mittlern Theile Trapeze, die sämmtlich eine gleiche Grundlinie a haben. Bei der Flächenberechnung wird also jede einzelne Tiefe t zweimal in ihrer halben Grösse eingeführt, die Fläche des Querschnittes ist daher gleich

$$a(t + t' + t'' + \dots)$$

§. 61.

Wasserstands-Beobachtungen.

Die Wichtigkeit der Wasserstandsbeobachtungen ergibt sich schon aus den obigen Mittheilungen über die Anschwellungen der Ströme, ihr Nutzen ist indessen viel allgemeiner, und man erhält in der That nicht nur keinen Strombau, sondern überhaupt keine bauliche Anlage in dem Inundationsgebiete eines Stroms, nehmen, ohne die Höhe der Wasserstände zu berücksichtigen. Communication, sei es Strasse oder Brücke, die man hier erhält diejenige Höhe, die sich nach den bisherigen Wasserstandsbeobachtungen als die zweckmässigste herausstellt; die Tiefe des Strombettes, die Lage der Schleusendempel, der Abzugsgänge sowie die Höhe der Stromregulirungswerke, der Deiche und dergleichen wird hiernach beurtheilt: nicht minder auch die Höhe der Fangedämme, die man zum Schutze der Baugraben ausführt,

er Leinpfade. Demnächst lässt die Vergleichung solcher
Stellungen, die an verschiedenen Punkten desselben Stroms
angestellt sind, seine Eigenthümlichkeiten zum Theil sehr deutlich
erkennen, und giebt die Wirkung der Nebenflüsse auf ihn zu
erkennen. Die verschiedenartigen Anschwellungen an den einzel-
nen Punkten zeigen den Einfluss der Beschaffenheit des Bettes
des Flussthalcs, und lassen sonach oft die Ursache eines
Ueberschusses errathen. Der Baumeister, der für die Correction eines
Stroms zu sorgen hat, wird daher sehr häufig auf die Wasser-
standsbeobachtungen zurückgehen müssen, und dieselbe auf ver-
schiedene Weise zusammenstellen, um die Resultate, die er gerade
benötigt, möglichst bequem daraus ableiten zu können. Es ergibt
sich hieraus aber auch die Nothwendigkeit, dass die Beobachtungen
mit gehöriger Sorgfalt angestellt werden.

Die Vorrichtung, woran die Wasserstandsbeobachtungen ge-
macht werden, heisst der Pegel oder Marqueur; er besteht
einfach nur in einer Latte, die in Fusse und Zolle eingetheilt,
und so befestigt ist, dass sie vor Beschädigungen möglichst ge-
schützt, und entweder leicht zugänglich, oder doch wenigstens von
einem zugänglichen Punkte nicht weit entfernt ist, so dass man
jedesmaligen Wasserstand daran scharf ablesen kann. Der
Pegel findet hiernach eine sehr passende Stelle an dem hintersten
Ende eines Eisbrechers, in welchem Falle er von der Brücke
leicht beobachtet werden kann. Ferner an Schiffshaltern im
Strome und in der Mündung der Flusshäfen, sowie auch in klei-
nen Buchten des Ufers, besonders wenn dieselben mit Bohlwerken
oder Mauern eingefasst sind. Wo sich indessen eine solche Ge-
legenheit zu seiner Anbringung nicht vorfindet, und ein flaches
Ufer sich längs dem Strome hinzieht, muss man ihn schon
in einiger Entfernung von dem letztern errichten, und einen
tiefen Graben dahin führen, damit sich neben ihm jederzeit der
Wasserstand des Stromes darstellt. Für die Reinhaltung solcher
Pegels muss aber mit grosser Aufmerksamkeit gesorgt werden, weil
der Strom dergleichen kleine Seitenverbindungen häufig verflächt.
Eine besondere Schwierigkeit verursacht zuweilen die Auf-
stellung der Pegel, wenn das Ufer sehr flach, und der
Wasserstand sehr gross ist. Alsdann müsste man
die Graben ganz überflüssig verlängern, wenn man

noch an ebendemselben Pegel die kleinsten und höchstenstände beobachten wollte, und selbst dieses Mittel wäre schnell eintretendem Wasserwechsel zu keinen sichern Resultaten führen, indem der Graben eine längere Zeit zu seiner Füllung braucht, und sonach das Niveau des Stroms sich am Pegel merklich später, und bei Anschwellungen von kurzer Dauer vielleicht gar nicht darstellt. Man wählt in diesem Falle das Mittel, dass man den Pegel für das niedrige Wasser dem Strome, und den für das höhere neben dem wasserfreien Ufer anbringt: oft zerlegt man aber einen solchen Pegel nicht in zwei, sondern in eine viel grössere Anzahl von Theilen, es darf kaum erwähnt werden, dass durch ein sehr genau vermittelment diese Theile verbunden werden müssen, damit ihre theilung übereinstimmend sei.

Ferner sind noch die schrägen Pegel zu erwähnen, die man sowohl auf geneigten steinernen Uferaufbauten, wie auch an den Dossirungen der Deiche anzubringen pflegt. Wenn nämlich ein starker Eisgang hier unmittelbar vorbeigeht, so selbst ein niedriger Pfahl dem Stosse des Eises nicht widerstehen können, und das künstliche Ufer würde sehr leiden, sobald selbe umgerissen wird. Man legt also den Pegel flach an die Dossirung, oder versenkt ihn noch etwas in dieselbe, so dass das Eis gar nicht mehr dagegen treiben kann. Die Eintheilung der Pegel aber der Neigung entsprechen, damit der verticale Abstand der Theilungspunkte die richtige Grösse erhält: hat z. B. die Länge des Deiches eine dreifache Anlage (oder wäre sie nach sonstigen Sprachgebrauche dreifüssig), und stimmt die No. des Pegels hiermit überein, so müsste die Länge jedes Theils auf der Pegellatte gleich

$$\sqrt{1 + 3^2} = 3,1623$$

sein, und in gleichem Verhältnisse müssten sich auch die Theile vergrössern.

Zuweilen giebt man den Pegeln eine viel künstlichere Einrichtung: hierher gehört schon der schwimmende Pegel. Derselbe besteht aus einem kupfernen hohlen Cylinder, der im Wasser schwimmt und eine leichte Stange trägt. Letztere wird durch zwei Bügel in verticaler Richtung erhalten und

oberes Ende, oder noch besser durch einen Zeiger oder ständige Marke gegen den in passender Weise angebrachten ab den jedesmaligen Wasserstand. Da aber das Eintauchen des Schwimmers durch zufällige Beschädigung leicht verwehrt wird, so ist das Ansetzen von Schmutz oder Eis verschieden ausfällt, so hierbei eine weit häufigere Controlle stattfinden, als beim Pegel erforderlich ist. Gemeinhin stellt man noch einen Pegel von der gewöhnlichen Einrichtung unmittelbar daneben, welcher zur Controlle des ersten dient, und sobald sich kleine Abweichungen zu erkennen geben, verändert man die ständige Marke an der mit dem Schwimmer verbundenen Stange. Der Vortheil dieser Einrichtung liegt in der Erleichterung des Lesens, indem man diese in einer bequemen Höhe vornehmen kann, auch der Maassstab nicht mehr durch den Niederschlag von Schlamm verunreinigt wird, der in der Höhe des Wasserstands immer sehr bald sich stark absetzen pflegt.

Solche schwimmende Pegel erhalten zuweilen auch die Einrichtung, dass sie die Maxima und Minima selbst notiren, indem sie durch einen oder der andern Richtung gewisse Körper fortbewegen, die durch Reibung in ihrer jedesmaligen Stellung gehalten werden und sonach die höchsten und tiefsten Wasserstände erkennen lassen. Diese Einrichtung hat man besonders an den Strommündungen und Seehäfen, wo Ebbe und Fluth häufig vorkommt, angebracht. Die auf solche Weise angestellten Beobachtungen verlieren indessen dadurch ihre Genauigkeit, dass die kleinen Schwankungen im Wasserspiegel, welche man beim ständigen Ablesen des Pegels schon zu eliminiren pflegt, im Laufe mit eingeführt werden und das Maximum der Höhe noch erhöhen, sowie sie das Minimum vermindern. Um den Gang der Veränderungen genau überschauen zu können, hat man in neuerer Zeit auch vielfach selbst-registrirende Pegel eingerichtet. Bei dem Heben und Senken des Schwimmers wird nämlich ein Hebel in gewissem Verhältnisse gleichfalls gehoben oder gesenkt, derselbe trifft mit seiner Spitze den Mantel einer cylindrischen Trommel, welche durch ein Uhrwerk langsam und regelmässig gedreht wird. Er zeichnet also in der Curve den Wechsel der Wasserstände auf, wobei die Zeiten die Abscissen, und die Höhen die Ordinate sind. Diese Einrichtung ist besonders zur genauen

Beobachtung der Fluth und Ebbe sehr wichtig, und man hat noch die Anordnung getroffen, dass der Schwimmer in abgeschlossenen Bassin sich befindet, das nur durch eine kleine Oeffnung mit dem Hafen in Verbindung steht. Auf solche Weise verlieren die einzelnen Wellen ihren Einfluss auf den Wasserstand in diesem Bassin, denn sie sind von zu kurzer Dauer, als die Erhebung und Senkung des Wassers, die nie verursacht sich durch die Oeffnung fortsetzen könnte.

Dass die Eintheilung des gewöhnlichen Pegels vom niedrigsten bis zum höchsten Wasserstande, oder vielmehr noch etwas beiderseits heraus ausgedehnt sein muss, bedarf kaum der Erwähnung, ebenso auch, dass das Maass richtig übertragen und die Latte lotrecht gestellt werden muss, wenn man nicht etwa sich einen falschen Pegel bilden will. Demnächst ist es auch dringend nöthig, die Eintheilung immer hinreichend deutlich bleibt, um die Ablesung scharf machen zu können. Gewöhnlich wird die Latte mit weisser Oelfarbe angestrichen und die Eintheilung mit schwarzer Farbe aufgetragen, während man die Zahlen oft roth einschreibt. Wie deutlich indessen die Bezeichnungsart auch immer gewesen sein mag, so wird doch bald die Eintheilung, wenn sie nur durch die Farbe markirt ist, in Folge des aus dem Wasser abgesetzten Schlammes und aufgewehten Staubes ganz unkenntlich. Das Abwaschen lässt sich freilich die Reinigung vornehmen, indess ist es zuweilen nicht leicht, zum Pegel hinzukommen, und falls wäre es vorzuziehen, wenn die Verunreinigung nicht so störend ausfiel. Dieses lässt sich dadurch erreichen, dass die einzelnen Zolle vor der Ebene des Maassstabes vortreten und eine sehr passende und einfache Einrichtung ist es, wenn man zur Bezeichnung der Eintheilung besondere Nägel mit eckigen starken Köpfen von 1 Zoll Höhe schmieden lässt, mit diesen die geraden Zolle bezeichnet, während die ungeraden dazwischen sich durch den vertieften Raum markiren. Wenn hierbei noch den sechsten Zoll durch einen danchen geschlagenen Nagel mit rundem Kopfe und die einzelnen Füsse dadurch unterscheidet, dass die Zolle abwechselnd an der linken und rechten Seite der Latte angebracht werden, so wird die Ablesung, wenn starker Schlamm sich aufgesetzt hat, noch ganz sicher und gewöhnlich wird man den Wasserstand schon nach dem

urtheilen können, ohne die beigeschriebenen Zahlen abzurufen. Figur 63 zeigt diese Anordnung.

Während fortgesetzten Wasserstandsbeobachtungen ist es nöthig, dass man sich von Zeit zu Zeit die Ueberzeugung verschafft, dass der Pegel seinen Stand unverändert beibehalten hat, und namentlich dass sein Nullpunkt noch immer eben so hoch, wie er ursprünglich angebracht wurde. Besonders wenn bei einer vorkommenden Reparatur oder Erneuerung des Pegels darauf achten, dass er weder höher noch tiefer angebracht wird, durch offenbar die Vergleichung der spätern Beobachtungen mit den früher sehr erschwert oder ganz unmöglich werden würde. Wenn den neuen Pegel genau in derselben Höhe, wie den alten, ist es bei uns vorgeschrieben, dass jeder Pegel durch ein richtiges Nivellement wenigstens an eine feste Marke in der Höhe, z. B. an eine scharf markirte Stelle einer Plinthe oder einer Mauer, oder an eine zu diesem Zweck angebrachte Eisenstange, und zwar an einem massiven Gebäude angeschlossen werden muss. Dieses Nivellement soll bei jeder Reparatur oder Erneuerung des Pegels, oder sobald die Besorgniss eintritt, dass er verändert sein könnte, wiederholt und eine Verhandlung aufgenommen werden.

Man überall wählt man die Bezeichnung der Pegel in der Weise, dass man sie von unten nach oben zählt, dass sie also ihrem Wasserstande eine grössere Anzahl von Füssen markirt, als bei niedrigerem. Nur im Badenschen ist man, soviel ich weiss, von dieser allgemeinen Regel abgewichen, indem man den Nullpunkt auf den höchsten bekannten Wasserstand gelegt hat, und der Pegel abwärts zählt. Auf diese Art zeigt also der Pegel das Entgegengesetzte des Wasserstandes an: je weniger er markirt, um so höher ist der letztere. Die sonst übliche Bezeichnung erscheint weit angemessener, als diese.

Die Wahl des Nullpunktes bei einem Pegel ist nun sich selbst überlassen: in früherer Zeit folgte man dabei ohne Rücksicht auf die Ansicht, dass der Nullpunkt mit der flachsten Stelle des Wassers correspondiren müsse, so dass der Schiffer den Wasserstand seines Schiffes übereinstimmend mit dem Wasserstande des Pegels wählen konnte, ohne dass er fürchten durfte, auf den Ufern Hindernisse zu finden: so bezeichnete der Pegel in Pillau

die Wassertiefe auf der nahe gelegenen Sandbank, die Ramm genannt, der Pegel in Königsberg die Wassertiefe vor der Mündung des Pregels, der Pegel in Bingen die Wassertiefe im Bingerloche, wobei jedoch für die Sicherheit der Passage dadurch gesichert war, dass der Wasserstand wirklich einen Fuss mehr betrug, so auch bei einem etwaignen Verfehlen des tiefsten Fahrwassers das Schiff nicht gleich aufstiess. Wie angemessen indessen eine solche Wahl des Nullpunktes auch erscheinen mag, so lässt sich die Uebereinstimmung der Tiefe gar nicht bei allen Wasserständen darstellen, denn das Wasser steigt und fällt keineswegs in grössere Längen ganz gleichmässig. Ausserdem darf der Tiegang der Schiffe auch nicht in dem Maasse zunehmen, wie das Wasser steigt, denn die vermehrte Strömung, verbunden mit der veränderten Richtung bei höherem Wasser, treibt das Schiff schneller über Untiefen fort, die es bei kleinerem Wasser umfahren konnte. Endlich aber würde bei jeder vorkommenden Correction des Stromes oder bei jeder zufälligen Aenderung der Tiefe auch immer eine Verstellung des Pegels vorgenommen werden müssen.

Es ergibt sich schon aus dem Gesagten, dass eine gute Uebereinstimmung zwischen zwei und mehreren Pegeln an demselben Strome für alle Wasserstände durchaus nicht erreicht werden kann, wenn man nicht etwa den einen Pegel nach einer grösseren oder kleineren und noch dazu ganz ungleichförmigen Maasse eintheilen wollte, was wirklich vorgeschlagen ist. Solches Mittel würde indessen nur so lange von Erfolg sein, als das Strombette unverändert bleibt. Es kommt aber auf die Uebereinstimmung der Pegel durchaus nicht an, denn man kann mit sehr geringer Mühe durch Vergleichung der Beobachtungen feststellen, um wieviel die einzelnen Pegel bei verschiedenen Wasserständen von einander abweichen. Der wichtigste Umstand, der allein Berücksichtigung verdient, bezieht sich auf die unveränderte Beibehaltung desjenigen Nullpunktes, auf den sich lange Beobachtungsreihen bereits beziehen, und hierauf gründet sich die Regel, dass man an Pegeln keine Veränderungen vornehmen darf. Diese Erfahrung hat namentlich in Holland gezeigt, dass eingeführte Aenderungen zu vielen Missverständnissen und dadurch zu Unglücksfällen leicht Veranlassung geben. Die einzige Ausnahme, die sich hierbei zum Theil rechtfertigen lässt, findet

Nullpunkt höher, als der kleinste Wasserstand liegt, nach beim Eintreten des letzteren negative Höhen notirt hätten, wobei die gewöhnlichen Stromaufseher oder andere, welche die Beobachtung der Wasserstände übernommen, leicht falsche Angaben in die Tabellen einführen. Bei uns vorgeschrieben, dass in diesem Falle eine Senkung um diese vorgenommen werden soll, damit die Reduction sich die Anzahl der Fusse beziehn darf und die einzelnen Zolle unverändert bleiben. Es musste hiernach an mehreren Pegeln des hiesiger Regierungsbezirktes vor sieben und dreissig Jahren Senkung des Nullpunktes eingeführt werden, und zwar um so, dass man bezeichnet aber noch heut zu Tage die Wasserstände häufiger nach dem alten, als dem neuen Pegel, wiewohl die Pegel schon lange nicht mehr existiren. Nach dieser Erfahrung dürfte es zweifelhaft sein, ob selbst solche Aenderungen nöthig sind und ob es nicht zweckmässiger gewesen sein würde, in den seltenen Fällen lieber die negativen Zahlen beizubehalten, als eine lange bestandene Bezeichnungsart, woran das Volk sich gewöhnt hatte, und wobei die früheren Erfahrungen die Grösse der Gefahr ins Gedächtniss riefen, mit einer andern zu vertauschen.

Wenn neue Pegel gesetzt werden, wo solche bisher noch nicht bestanden, oder wo dieselben weder regelmässig beobachtet noch sonst benutzt wurden, da hat man in der Wahl des Nullpunktes ganz freie Hand, und man darf nur dafür sorgen, dass derselbe ganz sicher unter das kleinste Wasser trifft. Man kann ihn alsdann zwei Fuss tiefer, als dieses muthmasslich herabzusetzen legen. Sollen dagegen mehrere Pegel neu eingerichtet werden, so giebt es gewiss keinen Grund, der die absichtliche Herstellung einer Ungleichmässigkeit dabei rechtfertigen würde, weshalb sie daher so auf, dass sie bei kleinem Wasser corrigiren. Eine besondere Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit in dieser Hinsicht ist aber ohne Zweck, da die Uebereinstimmung doch dauernd ist.

Wo Pegel neben Schiffschleusen errichtet werden, ist es nöthig, dieselben mit den Drempeln in Verbindung zu setzen, welches im Preussischen auch vorgeschrieben ist. Die Vorrede besagt, dass beide Pegel, nämlich ebensowohl der im Oberwasser, als der im Unterwasser, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

wasser, wie der im Unterwasser ihre Nullpunkte in demselben Horizonte haben sollen, damit das Gefälle sich gleich aus der Differenz der beiden abgelesenen Wasserstände ergibt. Der Nullpunkt soll aber wenigstens zwei Fuss unter dem kleinsten Unterwasser liegen, ausserdem aber soll der Oberdremmel auf einen vollen Fuss des Pegels treffen. Da bei den Schleusen gewöhnlich die Höhe des Unterdremmels viel wichtiger als die des Oberdremmels ist, und jener nicht selten die Fallhöhe bedingt, so würde es passender gewesen sein, auch ihm zur Vergleichung zu wählen und die Nullpunkte beider Pegel möglichst gleich hoch zu legen, wie dieses anderweitig auch zu geschehen pflegt.

An den Hauptpegeln wird der Wasserstand täglich beobachtet. Die Wahl der Stunde, in welcher dieses geschieht, ist durch nichts bedingt, aber es ist nothwendig, dass die Beobachtungen immer in derselben Tageszeit angestellt werden, sonst der mittlere Wasserstand sich nicht mehr aus dem arithmetischen Mittel richtig ergeben würde. Die Resultate werden in Tabellen eingetragen, deren jede einen Monat umfassen soll. Erreicht das Wasser bei starken Anschwellungen nicht in der eigentlichen Beobachtungsstunde seine grösste Höhe, sondern vor oder nachher, so ist dieses unter Beifügung dieser grössten Höhe in derjenigen Columnne zu erwähnen, welche für sonstige Bemerkungen bestimmt ist: in der ersten Columnne ist jedoch nur der Wasserstand der gewöhnlichen Beobachtungszeit einzutragen; diese darf bei Berechnung des mittlern Wasserstandes allein berücksichtigt werden. Der Wasserstand wird in Fusses und Zollen bezeichnet; Theile des Zolles sind bei der gewöhnlichen Einrichtung der Pegel, namentlich wenn man nicht sehr nahe herantreten kann, nicht mehr sicher zu erkennen, ausserdem hindert das fortwährende Schwanken des Wasserspiegels in stürmischen oder bewegten Gewässern jede genauere Beobachtung.

Ferner müssen die Tabellen die Angabe enthalten, an welchen Tagen der Strom mit Eis bedeckt war, oder starker Eisgang, oder auch die Abführung von kleinerem Eise stattfand. Ausserdem pflegt man noch manche meteorologische Notizen über die Richtung und Stärke des Windes und über das Wetter zuzufügen, sich solche ohne Instrumente wahrnehmen lassen: diese Notizen fallen indessen gewöhnlich sehr unzuverlässig aus.

Bei den Wasserstands-Tabellen pflegt man auch noch Profils-Scalen zusammenzustellen, das heisst es werden gezeichnet, für welche die Zeiten die Abscissen, und die letzten Wasserstände die Ordinaten sind. Sie geben den Verlauf des Wasserstandes sehr übersichtlich zu erkennen, aber auf kleinem Maassstabe, den man für die Abscissen anzuwenden pflegt (wobei nämlich das ganze Jahr noch nicht 3 Zolle hoch ist), kann man die einzelnen Tage nicht mehr erkennen, auch gewährt diese letzte Zusammenstellung nur eine allgemeine Uebersicht, und man muss jedesmal auf die Tabellen zurückgehen, sobald man die Verhältnisse sicher aufklären will. Scalen sind indessen von grosser Wichtigkeit, wenn sie in einem Maassstabe gezeichnet worden, und besonders wenn sie auf einem Blatt verschiedene gleichzeitige Beobachtungen umfasst. Mehrere Zusammenstellungen enthält. In dieser Weise sind in Fig. 64 für den Anfang des Jahres 1842 die Wasserstände Rheins, wie sie in Bacharach, Coblenz, Cöln, Düsseldorf, und Emmerich beobachtet wurden, zusammengetragen, und stellt sich der Gang der Veränderungen und die verschiedenen Ueberschwellungen und Senkungen des Stroms dadurch deutlich dar. Ausserdem kann man durch solche Scalen die Eigenthümlichkeiten des Stroms und die darin eingetretenen Veränderungen erkennen, wie dieses bereits §. 57 mit Hinweisung auf die Figuren 64 bis 71 auf Tafel XXVIII. bis XXXI. auseinandergesetzt ist.

§. 62.

Geschwindigkeits-Messungen.

Die Uferangriffe, sowie überhaupt die meisten Veränderungen, welche das Strombett erfährt, werden durch die Stärke der Strömung, oder die Geschwindigkeit bedingt, womit das Wasser sich bewegt, wenn man die Verhältnisse ändern will, so ist es zuweilen genügend, die Geschwindigkeit im Allgemeinen zu bestimmen, sehr muss man sie häufig an einzelnen Stellen und zwar bei bestimmten Wasserständen messen. Ferner hat die Geschwindigkeit einen unmittelbaren Einfluss auf den Betrieb der Schiffahrt und ausserdem kann man die Wassermenge der Flüsse und

Ströme mit einiger Sicherheit nicht anders, als aus ihr herleiten. In der letzten Beziehung stellt diese Messung sich bei Mühlanlagen, Entwässerungen und bei vielen andern Gelegenheiten höchst wichtig dar. Ihre grösste Wichtigkeit beruht aber darauf, dass sie vorzugsweise die Gesetze andeutet, nach welchen Wasser in den Flussbetten sich bewegt und seine verschiedenen Wirkungen äussert. Die wenigen Erfahrungssätze, die hier gesammelt sind, beruhen auf Geschwindigkeitsmessungen, und durch Vervielfältigung derselben lässt sich ein Fortschritt in den Theilen der Hydraulik erwarten. Diese Ansicht hat sich bereits seit langer Zeit geltend gemacht, und namentlich haben die Italiänischen Gelehrten, welche sich mit der Bewegung Wassers im Strombette beschäftigten, sehr verschiedene Apparate zur Messung der Geschwindigkeiten erdacht. Die Anzahl der Instrumente ist noch in neuerer Zeit ansehnlich vermehrt worden. Ich will die wichtigsten derselben im Folgenden näher beschreiben und ihre Vorzüge und Mängel angeben.

Diese Instrumente zerfallen in zwei Classen, und diese unterscheiden sich dadurch von einander, dass sie entweder die Geschwindigkeit unmittelbar angeben, oder sie den Stoss des bewegten Wassers gegen gewisse Flächen messen. Dass dieser Stoss von der Geschwindigkeit abhängt, leidet keinen Zweifel, und nimmt jener zu, sobald diese grösser wird: die Beziehung zwischen beiden ist indessen noch keineswegs vollständig aufgeklärt, es scheint, dass dieselbe sehr complicirt sei. Die Reduktion daher nicht leicht. Am sichersten verfährt man, wenn man ein Instrument, welches den Stoss misst, vor dem eigentlichen Gebrauche an verschiedenen, bereits bekannten Geschwindigkeiten prüft und aus den dabei beobachteten Werthen durch Interpolation eine Tabelle zusammenstellt, welche für die zwischenliegenden Werthe des Stosses die entsprechenden Geschwindigkeiten entnimmt. Hat man auf solche Weise die Beobachtungen vorbereitet, so ist sich gegen die erste Art der Instrumente der Vortheil heraus, dass man nur eine Ablesung vornehmen darf, während im andern Falle auch die Zeit, in welcher das Instrument den Impuls des Stroms empfangen hat, gemessen werden muss. Die erwähnte Prüfung ist indessen nicht leicht, und sie setzt wieder die Benutzung solcher Instrumente voraus, mit welchen man die Geschwindigkeit

mittelbar messen kann. Die letzteren sind daher im Allgemeinen bequemer und sicherer, und sie werden heut zu Tage viel mehr gebraucht, als jene, wiewohl es nicht in Abrede zu stellen ist, dass auch die ersteren unter gewissen Umständen sehr nützlich sein können.

Ich mache mit der Beschreibung derjenigen Instrumente den Anfang, welche die Geschwindigkeit unmittelbar angeben, unter diesen erwähne ich zuerst die Apparate, welche man frei im Strome treiben lässt. Bei Anwendung derselben kommen manche Uebelstände ein, deren Einfluss zuweilen unschädlich ist, die jedoch in andern Fällen nicht so leicht zu beseitigen sind.

Jeder im Strome freischwimmende Körper gleitet in der Richtung des Gefälles wie auf einer geneigten Ebene herab. Die Geschwindigkeit, die er annimmt, ist aber nicht unmittelbar von der Neigung der Fläche, sondern vielmehr von der Geschwindigkeit des umgebenden Wassers abhängig: er kann sich weder viel schneller, noch viel langsamer, als dieses, dauernd bewegen, weil er sonst an der vordern oder der hintern Seite vom Wasser gedrückt und sonach verzögert oder beschleunigt werden würde. Er muss daher ungefähr dieselbe Geschwindigkeit annehmen, die das umgebende Wasser hat, und dieses findet in der That in diesem Grade auch immer statt; nichts desto weniger giebt sich zuweilen eine merkliche Differenz zu erkennen. Die Erfahrung lehrt, dass grosse schwimmende Körper, wie Schiffe, beim Herabfahren eines Stroms, wenn sie auch durch keine andre Kraft getrieben werden, augenscheinlich schneller, als das Wasser, sich bewegen, und daher die Wirkung des Steuerruders auf sie sehr fühlbar bleibt. Letztere müsste ganz aufhören, wenn die Schiffe genau dieselbe Geschwindigkeit, wie das umgebende Wasser annehmen, oder sie relativ gegen dasselbe sich in Ruhe befänden. Die Erklärung dieser auffallenden Erscheinung stellt sich ausser allen Zweifel, wenn man darauf Rücksicht nimmt, dass die Wirkung des Steuerruders bei diesen Fahrten mit der Stärke des Stroms jedesmal zunimmt, und dass sogar ein sehr scharfes Steuern möglich ist, sobald das Schiff eine Stromschnelle passirt hat. Die Zeit des Steuerruders bezeichnet die Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Schiffes und der des Wassers: beide sind in der Stromschnelle selbst nicht so verschieden, als un-

mittelbar darauf, aber gerade hier zerstört das Wasser auch die stärksten die ihm mitgetheilte lebendige Kraft durch seine Bewegungen und die vielfachen Wirbel, während das Schiff von gleicher Masse, wie derjenige Wasserkörper, den es verdrängt, hiervon frei bleibt und eben desshalb eine grössere Geschwindigkeit behält. In gleicher Weise, wenn auch weniger auffallend, conservirt das Schiff oder der schwimmende Körper fortwährend die erlangte Geschwindigkeit etwas vollständiger, als das Wasser, und wenn es dieselbe auch durch den Druck gegen das langsam fließende Wasser immer zerstört, so erneuert sich unaufhörlich solcher Ueberschuss, und eben dadurch stellt sich die Geschwindigkeit des Schiffes beständig etwas grösser heraus.

Es kann wohl keinen Zweifel leiden, dass die erwähnte Differenz zwischen beiden Geschwindigkeiten mit der Grösse des schwimmenden Körpers zunehmen muss: sonach haben kleine Körper sehr genau dieselbe Geschwindigkeit, wie das Wasser, und man darf für die gewöhnlichen Apparate in dieser Beziehung keine Unrichtigkeit besorgen. Es war indessen nöthig, auf das Verhalten der zu Thal fahrenden Schiffe aufmerksam zu machen, damit deren Geschwindigkeit nicht unmittelbar als das Maass der mittlern Geschwindigkeit des Stroms angesehen werde. Es ist hierbei auch darauf Rücksicht zu nehmen, dass diese Schiffe gewöhnlich gerade in derjenigen Richtung geführt werden, wo das Wasser am schnellsten fliesst.

Ein zweiter Umstand, der die Anwendung der erwähnten von Geschwindigkeitsmessungen beschränkt, bezieht sich darauf, dass alle frei herabschwimmenden Körper sich nicht parallel der Achse des Stroms bewegen, sondern nach und nach gegen die Seite der Hauptströmung oder nach dem Stromstriche hinstreben. Man kann daher in aller Schärfe nur in diesem eine Messung der erwähnten Art anstellen. Bei geraden und regelmässigen Stromstrecken ist jedoch die erwähnte Ablenkung der Körper nur unbedeutend, und sonach ist es alsdann immer noch möglich, mit dieser Methode mit genügender Sicherheit die Geschwindigkeiten für verschiedene Sectionen zu finden. Fig. 72, Taf. XXXII. zeigt die sehr einfache Anordnung, welche zu diesem Zwecke erforderlich ist. In einer geraden Stromstrecke steckt man zwei Schnitte AB und CD in solcher Entfernung von einander,

der herabschwimmende Körper etwa 2 bis 3 Minuten gebraucht, um von der einen Linie in die andere zu gelangen. Alsdann lässt man den Apparat in der Entfernung von 5 bis 10 Ruthen oberhalb des ersten Querschnittes den gewählten Apparat ins Wasser legen und beobachtet entweder selbst in beiden Querschnitten nach den ausgetragenen Signalen den Durchgang, oder dieses geschieht durch Personen, welche mit Secunden-Uhren versehen sind, die nach der Messung mit einander verglichen werden müssen. Beiläufiger ist es immer, wenn man die eigentliche Messung ausführt und dadurch das Resultat von der Aufmerksamkeit und Gewissenhaftigkeit der Gehülfen unabhängig macht. Wenn die Strömung nicht ungewöhnlich stark ist, so ist es auch leicht, den Durchgang des schwimmenden Körpers durch die erste Linie zu beobachten, und alsdann noch zeitig genug nach der zweiten Linie zu gelangen, um auch hier, und zwar mit Benutzung derselben Uhr, die zweite Beobachtung anzustellen. In diesem Falle ist es, wie auch in manchen ähnlichen, bedient man sich zuweilen zweier Uhren, wobei der Secundenzeiger durch einen Riegel anhalten und wieder gelöst werden kann. Der Vortheil dieser Einrichtung ist indessen sehr geringe, denn bei einiger Uebung ist es leicht, die Secunden nach der Bewegung des Zeigers oder besser nach dem Schläge der Unruhe zu zählen, und in dem Falle ist der Gang der Uhr weit gleichmässiger, als wenn derselben durch Arretirung und Lösung des Secundenzeigers Störung angethan wird. Auf Theile der Secunde kommt es bei diesen Messungen niemals an, vorausgesetzt, dass man die beiden Durchgangspunkte in gehörige Entfernung von einander gelegt, oder die Zwischenzeit gross genug angenommen hat.

Wird der schwimmende Körper in den Stromstrich geworfen, bleibt er darin: ist dieses aber nicht geschehn, so nähert er sich demselben immer mehr und mehr. Diese Annäherung erfolgt meistens in geraden Stromstrecken, wo der Stromstrich überhaupt nicht markirt ist, nur sehr langsam, also etwa nach den in der Vorlesung angegebenen punktirten Linien. Man kann daher die Geschwindigkeit in verschiedenen Sectionen des Stroms hinreichend genau bestimmen, wenn die beiden angenommenen Querschnitte, den Beobachtungsraum begrenzen, nicht weit von einander entfernt sind. Es giebt aber auch keine Veranlassung, den Ab-

stand derselben sehr gross anzunehmen, oder die Beobachtung sehr weit auszudehnen, da eine grosse Genauigkeit, also eine Schärfe der Messung, welche das Resultat bis auf ein Fünftel sicher angäbe, schon wegen der ungleichförmigen Bewegung des Wassers wohl nie zu erreichen ist. Das von Wiebeking verwandte Verfahren, den schwimmenden Körper vom Ufer oder einem Nachen aus an einem Faden zu führen und dadurch die Annäherung an den Stromstrich zu verhindern, ist wegen der dabei leicht möglichen Störungen nicht zu empfehlen.

Endlich muss noch erwähnt werden, dass der Körper, dessen Bewegung man misst, nicht weit über die Oberfläche des Wassers vorragen, und besonders keine grosse Fläche dem Winde darbieten darf, weil man sonst nicht mehr die Wirkung der Strömung beobachten würde.

Die angeführten Umstände bedingen die Wahl und Anordnung der Körper, die man zur Messung der Geschwindigkeit im Fluss frei treiben lässt. Die Form dieser Körper ist ziemlich gleichgültig, und man darf daher bei gelegentlicher Anstellung von Messungen keinen Irrthum besorgen, wenn man Stückchen Holz, Flaschen u. dergl. gewählt hat: gewöhnlich giebt man der Kugel den Vorzug, insofern dieselbe bei jeder Lage, die sie annimmt, eine gleiche Oberfläche dem Drucke des vorangehenden wie des nachfolgenden Wassers darbietet. Wenn man daher einen besondern Apparat hierzu einrichten will, so lässt man die Kugel aus verzinnem Eisenblech, oder weil dieses doch zu rosten pflegt, lieber aus Messing oder Kupferblech anfertigen. Die Kugel hat 6 bis 12 Zoll im Durchmesser und ist mit einer Oeffnung versehen, die entweder mit einer Schraube dicht geschlossen werden kann, oder sie wird mit einem vortretenden Ringe umgeben, in welchen man einen Kork, wie in den Hals einer Flasche, stecken kann. Diese Oeffnung dient dazu, die nöthige Beschwerung anzubringen, damit die Kugel nur um den zehnten Theile ihres Durchmessers über die Oberfläche des Wassers hervorragt. Gewöhnlich wird Schrot hierzu angewendet, womit man die Kugel so weit füllt, dass sie bis zur angegebenen Tiefe eintaucht. Fig. 73 a zeigt eine solche Kugel. Die Form der Kugel ist nicht gleichgültig. Den metallischen Glanz darf man nicht behalten, weil sie in diesem Falle von der Spiegel-

fläche des Wassers nicht deutlich genug unterschieden werden: man muss sie daher matt färben, und am angemessensten ist es wohl sein, wie dieses auch Krayenhoff gethan hat, die Farbe zu wählen.

Die Kugel misst nur die Geschwindigkeit des Wassers in der der Oberfläche, und diese ist im Allgemeinen grösser, als die Geschwindigkeit, welche das Wasser in derselben Section des Flusses in grösserer Tiefe annimmt. Durch eine Aufstellung, wie sie in Fig. 73 b angegeben ist, kann die Kugel aber auch zur Messung der Geschwindigkeit in einer bestimmten Tiefe dienen. Man versteht nämlich die oben beschriebene Kugel mit einer Oese zu befestigen, mittelst eines Fadens, dessen Länge der Tiefe entspricht, in welcher man die Geschwindigkeit messen will, und eine zweite Kugel. Die erste wird in diesem Falle so stark beschwert, dass sie nicht nur selbst ganz untersinkt, sondern auch die zweite Kugel so weit herabzieht, dass diese dem Einflusse des Windes entzogen wird. Die Geschwindigkeit, welche der so zusammengestellte Apparat annimmt, ist zum Theil durch die Geschwindigkeit des Wassers in der gewählten Tiefe und zum Theil durch die in der Oberfläche bedingt: insofern jedoch letztere sich nur gegen eine viel kleinere Kugel äussert, so ist der Einfluss nur geringe auf die Bewegung, und der Apparat misst ungefähr die Geschwindigkeit des Wassers an, welches die obere Kugel trifft. Genauer liesse sich die Beobachtung anstellen, wenn man zwei Kugeln von gleicher Grösse annähme und die obere einmal allein herabtreiben liesse, in welchem Falle sie die Geschwindigkeit in der Oberfläche des Wassers bezeichnen würde, wenn man aber sie mit der zweiten verbinde, wodurch sich das arithmetische Mittel aus beiden Geschwindigkeiten beobachten liesse. Wenn man die obere Geschwindigkeit a und dieses arithmetische Mittel c , so ist die gesuchte Geschwindigkeit in der Höhe der unteren Kugel gleich $2c - a$.

Mit der zuletzt beschriebenen Einrichtung des Apparates steht in naher Beziehung das Instrument, welches Cabeto angegeben hat, das unter dem Namen des Cabetoschen Stabes oder des barometrischen Stabes bekannt ist. Wenn man nämlich Geschwindigkeitsmessungen behufs der Ermittlung der Wassergeschwindigkeit anstellt, so kommt es darauf an, das arithmetische Mittel

aus allen Geschwindigkeiten zu finden, welche in derselben von dem Wasserspiegel abwärts in gleichen Abständen im Bette des Stroms vorkommen. Eine solche wiederholte Messung in verschiedenen Tiefen ist immer sehr zeitraubend: der Cat-Stab giebt über diese mittlere Grösse unmittelbar an. Er zeigt denselben. Er besteht aus einem cylindrischen Stab von Blech, der in Fusse eingetheilt und unten mit einem gut schliessenden Deckel versehen ist. Man belastet ihn durch eingelegte Platten so stark, dass er bis gegen das Bette des Stroms reicht, ohne jedoch dasselbe während des Versuches zu berühren, während er über der Oberfläche des Wassers um Zoll vorragt, damit man ihn mit Sicherheit erkennen, der jedoch keinen merklichen Einfluss darauf äussern kann. Man sieht sich hieraus, dass man für Messungen in verschiedenen Tiefen auch verschiedene Stäbe benutzen muss. In stillen Wasser schwimmt der Stab, nachdem die Beschwerung eingelegt ist, lothrecht: im Strome dagegen stösst das schneller fließende Wasser in der Nähe der Oberfläche ihn viel stärker fort, als das Wasser in der Nähe der Sohle: er kann jedoch dem ersten Impulse nicht unbedingt folgen, weil ihm unten das Wasser drückt. Das Letztere stösst er wirklich in dem Masse zurück, wie er an seinem oberen Ende vorgeedrängt wird. Er wird also nicht nur an seinem obern und untern Ende afficirt, sondern seiner ganzen Länge verursacht die Differenz seiner Geschwindigkeit gegen die des Wassers, welches er gerade trifft, einen Widerstand, der ihn entweder vordrängt oder zurückhält, und da diese Widerstände sich gegenseitig aufheben müssen, indem keine Kraft seine Bewegung bedingt, so kann man aus dieser Gleichung der Pressungen auch auf die der Geschwindigkeit schliessen, und insofern der Stab auf seine ganze Länge gleichen Querschnitt hat, so folgt daraus, dass er sich die mittlere Geschwindigkeit dieser Section des Stroms fortwährend anzeigt. Diese unmittelbare Darstellung des gesuchten Resultates, welches man sonst nur aus vielfachen Messungen herleiten muss, ist so wichtig, dass dieses Instrument besonders bei grossen Wassertiefen wohl eine viel häufigere Anwendung zu finden scheint, als es bis jetzt gefunden hat. Auf dem Rheine und dem Niederrhein ist es mit grossem Vortheile oft benutzt worden.

Freilich manche Unbequemlichkeiten bei demselben ein, und nützlich gehört dahin die Bedingung, dass der Stab nirgend Boden berühren darf, weil er in diesem Falle augenscheinlich verzögert werden würde: man muss ihn also nur so tief senken lassen, dass er selbst auf denjenigen Stellen seines Pfades, wo die Wassertiefe am geringsten ist, mit seinem untern Ende noch einige Zolle vom Boden entfernt bleibt. Wenn man eine regelmässige Stromstrecke zur Messung ausgesucht hat, können die Tiefen in dem jedesmaligen Wege des Stabes auch sehr verschieden ausfallen, und der Uebelstand, dass die Geschwindigkeiten, die das Wasser unmittelbar über der Sohle des Bettes annimmt, unbeachtet bleiben, ist dieser Messungsart sowenig eigenthümlich, sondern er tritt in gleicher Art bei allen übrigen Methoden zur Messung der Geschwindigkeit ein. Sollte der Stab wider Erwarten während des Versuches irgendwo den Boden berühren, so giebt sich dieses sogleich sehr auffallend durch zu erkennen, dass er sich plötzlich überneigt: man darf sich nicht besorgen, dass er vielleicht unbemerkt auf diese Art zurückgehalten und das Resultat dadurch entstellt werden könnte.

Aus der Beschreibung der Bewegung des Stabes folgt schon, dass derselbe nicht lothrecht schwimmt, sondern schräge nach vorn geneigt ist. Dieser Umstand ist sehr unwesentlich, da die Bewegung der gleichmässigen Einwirkung der verschiedenen Wasserschichten hierdurch nicht aufgehoben wird. Die wirkliche Tiefe der Eintauchung vermindert sich zwar etwas, doch ist dieselbe dem Cosinus des Neigungswinkels gegen das Loth proportional: sonach schon bei auffallenden Neigungen noch ziemlich ungenau: sollte sie aber merklich gross werden, so kann man durch Vergrösserung des eingelegten Gewichtes die entsprechende Tiefe der Eintauchung wieder darstellen. Krayenhoff hat eine gewisse unstatthafte Veränderung dieses Apparates bei seinen Messungen eingeführt, wodurch er das Ueberneigen des Stabes zu vermeiden, oder vielmehr nur zu verstecken beabsichtigte. Er brachte sich am obern Ende des Stabes einen flachen Schwimmer an, auf dem Wasserspiegel ruhte*): indem aber dieser Schwimmer

*) Verzaming van hydrographische en topographische Waarnemingen. Seite 193.

auch etwa zur Hälfte eintauchen müsste, um den sehr starken schwerten Stab zu tragen, so folgt daraus, dass die Wasseroberfläche in der Nähe der Oberfläche einen überwiegenden Einfluss auf die Bewegung des Apparates erhielten, und derselbe daher nicht die mittlere, sondern sehr nahe die obere Geschwindigkeit

Bei allen bisher erwähnten Messungen ist es nöthig, den Winkel zu kennen, in welchem der Schwimmer sich bewegt, und auch die Annäherung desselben gegen den Stromstrich erfordert, dass man sich überzeugen muss, wie gross diese bei der Beobachtung gewesen sei. Eine genaue Messung der Abstände zwischen den Ufern verlangt vielfache Vorbereitungen, welche die Einfachheit und Leichtigkeit dieser Methode ausserordentlich trüben würden. Am bequemsten dürfte es in dieser Beziehung sein, wenn man neben dem einen Ufer und zwar am besten in der Richtung des zweiten Querschnitts einen etwas erhöhten Beobachtungsort aufsucht, oder durch eine leichte Rüstung solchen darstellt, und von demselben aus die Winkel misst, welchen die Schwimmer beim Durchgange durch diesen Querschnitt unter dem Horizonte erscheinen, woraus sich ihre Entfernung vom Ufer leicht finden lässt.

Es ist schon früher erwähnt worden, wie die Anstellung der Geschwindigkeitsmessungen in einem Strome zur Zeit der Anschwellungen ausserordentlich schwierig und oft unmöglich ist. Der Gebrauch der Schwimmer ist in solchem Falle ausserordentlich schwierig, wenn man nicht etwa die zufällig vorbeistreichenden Körper als solche benutzen will. Die Kugel und der Stab lassen sich nicht mehr gehörig einsetzen und noch weniger wieder auffangen: ausserdem sind sie, wenn die Thalfläche unregelmäßig ist und man sich dem Hauptstrom nicht gehörig nähern kann, nicht sicher zu beobachten. Führt dagegen eine Brücke über den Strom, so kann man noch eine ziemlich sichere Messung an einem Schwimmer anstellen, den man an einem Faden im Wasser treiben lässt und dessen Geschwindigkeit nach der Länge des auslaufenden Fadens bestimmt wird. Wiebeking benutzte in dieser Weise die gewöhnliche Kugel; es ist indessen hierbei der Gebrauch des Logs, wie dasselbe gemeinhin auf den See angewendet wird, vorzuziehen. Der Faden, welcher den Schwimmer

wird nämlich, wenn man ihn auch möglichst frei folgen lässt, immer einen geringen Widerstand verursachen, der wenigstens so sein muss, dass der Faden gehörig ausgezogen wird; dieser Zug ist alsdann schon hinreichend, den Schwimmer in der bestimmten Stellung zu erhalten. Die Kugelform ist daher in diesem Falle nicht mehr als Erforderniss anzusehen, und man wählt statt ihr eine Scheibe wählen, welche dem Angriffe des Wassers eine grosse Fläche darbietet und zugleich so wenig Masse hat, dass sie sogleich die Geschwindigkeit des Wassers annimmt. Der gewöhnliche Log ist in Fig. 75 dargestellt: es besteht aus einem leichten hölzernen Brettchen in Form eines gleichseitigen Dreiecks von etwa 9 Zoll Seite. Die Befestigung an drei Fäden, welche sich in geringer Entfernung vereinigen, sichert demselben eine feste Stellung, dass es dem Stoss des Wassers seine breite Seite normal entgegenkehrt. Es schwimmt gewöhnlich in der in der Figur dargestellten Lage. In der Entfernung von einigen Faden ist der Faden mit einem Knoten versehen, und ähnliche Knoten folgen alsdann in bestimmten Abständen, während eindringende Lederstreifen die Entfernungen bezeichnen. Wenn eine Messung gemacht werden soll, so wird das Brettchen über Bord geworfen, und sobald die Leine auszulaufen anfängt, der erste Knoten in der Hand festgehalten, bis die Zeitmessung gehörig bereitet ist. Zu dieser dient auf den Schiffen gewöhnlich eine Sanduhr, welche in einer halben Minute ausläuft: man dreht sie um, so dass das Auslaufen des Sandes von der einen Seite zu der andern beginnt, und gleichzeitig öffnet man die Hand, oder man hält bisher die Leine festhielt: diese wird nun frei, und fließt durch die Hand in gleichem Masse, wie sich der Beobachter vom ausgeworfenen Log entfernt. Im Augenblicke, wo die Sanduhr abgelaufen oder die halbe Minute verflossen ist, hält man die Leine wieder an, und die Bezeichnung des nächsten Knotens gibt die Länge des in Zwischenzeit vom Schiffe durchlaufenen Logs an. Um das Zurückziehen des Logs zu erleichtern, ist eine Einrichtung getroffen, dass von den erwähnten drei Enden zwei festgeknüpft, das dritte aber in einen Spalt eingeklemmt ist. Sobald die Leine daher plötzlich scharf angezogen wird, so wird diese dritte Verbindung, und das Log schwimmt flach auf dem Wasser und lässt sich leicht zurückziehen. Ganz in gleicher

Weise, jedoch mit der Abänderung, dass statt der Sanduhr gewöhnliche Secundenuhr benutzt wird, kann man von hier aus auch die Geschwindigkeit in der Oberfläche des Hochs sehr leicht ermitteln.

Bei den folgenden Instrumenten, welche zur unmittelbaren Messung der Geschwindigkeit dienen, tritt der Vortheil ein, sie die Stärke der Strömung an einer bestimmten Stelle zu geben und die Resultate sich nicht mehr wie bei den Schwimmern auf eine gewisse Ausdehnung des zurückgelegten Weges beziehen. Hierbei muss zuerst das hydrometrische Rad erwähnt werden, welches in seiner einfachsten Zusammenstellung Fig. 76 gezeigt ist. Es besteht aus einer Achse, woran eine Scheibe befestigt ist, die an ihrem Umfange eine Reihe von Schaufeln, ähnlich dem unterschlächtigen Mühlenrade, trägt: dieselben sind unter sich und auf der Seite noch durch zwei Reifen verbunden, die überdiess verhindern, dass nicht etwa der Faden, der die Anzahl der Umdrehungen anzeigt, von den Schaufeln gefasst werden kann. An dem Rade befindet sich auf derselben Achse eine kleine Rolle, welcher der erwähnte Faden befestigt ist. Man lässt das Rad während einer bestimmten Zeit in das Wasser eintauchen und wenn man es alsdann herauszieht, so zählt man die Umdrehungen des Fadens auf der Rolle, woraus sich wieder die Anzahl der Umdrehungen und bei dem bekannten Radius auch die Geschwindigkeit des Mittelpunktes der Schaufeln ergibt, welche mit der des Wassers ungefähr übereinstimmt. Es ist klar, dass man mit diesem Apparate nur die Geschwindigkeit in der Oberfläche des Stromes messen kann, und dass die schräge Stellung der Schaufeln, wenn man auch die Tiefe der Eintauchung scharf gemessen hat, manche Unregelmässigkeiten der Bewegung bedingt, woher das gefundene Resultat immer ziemlich ungenau bleiben muss. Nichts desto weniger ist dieser Apparat doch häufig angewendet, und in England bedient man sich desselben jetzt noch und zwar in ziemlich kleinen Dimensionen, so dass das Rädchen kaum 6 Zoll Durchmesser hat. Dubuat geht ebenfalls ein solches Rad, und zwar war dasselbe sehr schön aus Tannenholz construiert: acht Speichen trugen eben so viele Schaufeln, die drei Zoll hoch und breit waren. Durch geschlungene feine Drähte waren die Schaufeln unter sich ver-

Der Durchmesser des Rades hielt 2 Fuss, dabei wog dasselbe mit Abschluss der Achse nur etwas über 11 Unzen *).

Weit grössere Genauigkeit gewährt der hydrometrische Flügel, den man gewöhnlich nach seinem Erfinder, den Woltmannschen Flügel nennt. Die Schärfe, sowie auch in gewisser Beziehung der sehr bequeme Gebrauch dieses Instrumentes haben demselben allgemeinen Eingang verschafft, und es wird gegenwärtig beinahe ausschliesslich angewendet, wenn man genaue Resultate erhalten will. Woltman beschrieb es schon im Jahre 1790 in seiner eignen Schrift **). In Deutschland fand es sehr bald rasche Anwendung, auch in Frankreich ist es in der letzten Zeit oft benutzt und seine Zweckmässigkeit anerkannt worden. In England wurde es wunderbarer Weise vor etwa 10 Jahren von einem gewissen Saxton noch einmal erfunden; nichts desto weniger ist es dazwischenst noch ziemlich unbekannt zu sein, wiewohl das der dortigen Marine jetzt allgemein eingeführte Patentlog wesentlich damit übereinstimmt.

Der Woltmannsche Flügel wird auf dieselbe Weise, wie eine Windmühle in Bewegung gesetzt: die Achse, an welcher sich eine oder zwei Flügelruthen befinden, deren Flächen unter einem gleichen Winkel gegen die Drehungsebene geneigt sind, wird in die Richtung der Strömung gestellt. Die Geschwindigkeit, mit der Achse sich dreht, ist sonach, wenn die Reibung nicht etwa einen wesentlichen Einfluss ausüben sollte, der Geschwindigkeit des Stroms proportional. An dieser Achse befinden sich, wie Fig. 77 und b zeigt, einige Schraubengänge und dieselben entsprechen den Zähnen eines darunter befindlichen Rädchens. Letzteres kann beliebig in jene eingreifen lassen und wieder gegen einen andern Zahn feststellen. Dieser letzte Zahn dient zugleich als Messer, um die Bewegung zu messen, welche das Rädchen in der Zeit, wo es in die Schraube eingriff, gemacht hat. Jeder einzelne Zahn entspricht sonach einer Umdrehung der Schraube oder einer Flügelwelle. Die Beobachtung geschieht auf diese Art: man lässt das Rädchen so ein, dass der feste Zahn auf den mit Null,

*) Dubuat, principes d'hydraulique II. §. 441.

**) Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels von R. Woltman. Hamburg 1790.

oder in der vorliegenden Figur mit 100 bezeichneten Punkt. Die Feder unter dem Rädchen drückt den kleinen Rahmen, das gezahnte Rad befestigt ist, herab, so dass es sich äussere Veranlassung nicht lösen kann. Jetzt stellt man Flügel an der gewählten Stelle in der beliebigen Tiefe auf, dem Augenblicke ab, dass der Flügel in den Strom eintaucht, wird er gedreht, aber da seine Welle mit dem Rade in keiner Verbindung steht, so sind diese Drehungen auf das Resultat ohne Einfluss. Sobald man aber Alles zur eigentlichen Beobachtung vorbereitet hat, und etwa der Zeiger der Secundenuhr Anfang einer neuen Minute markirt, so zieht man an einem Faden den erwähnten Rahmen mit dem Rade etwas herauf. Letzterer verlässt alsdann den festen Zahn und greift nunmehr in das Schraubengewinde, durch welches es bei jeder Revolution der Flügelwelle um einen Zahn sich weiter dreht. Ist die beobachtungszeit, also etwa eine Minute, verflossen, so lässt man den Rahmen mit dem Rade herabfallen, wodurch Letzteres sich wieder in den festen Zahn eingreift und in dieser Stellung unverändert gehalten wird, obgleich die Flügelwelle ihre Drehung fortsetzt. Sobald man hierauf das Instrument herausnimmt, ergiebt die Stellung des Rades gegen den Zeiger unmittelbar die Anzahl der Umdrehungen des Flügels während der Zeit, in welcher das Rad mit der Flügelwelle in Verbindung gehalten wurde, und man findet sehr leicht die Länge der Wassersäule, die während derselben Zeit vorübergezogen ist, wenn man den Durchmesser der einzelnen Umdrehung kennt. Man kann sonach in jeder beliebigen, und selbst in sehr grosser Tiefe dieses Instrumente gebrauchen, doch muss man jedesmal, nachdem eine Beobachtung angestellt ist, es herausziehen und die Ablesung vornehmen, man später, nachdem eine zweite Messung gemacht ist, den Stand der erstern nicht mehr erkennen kann. Dieser Umstand ist allerdings etwas unbequem und verzögert die Operation sehr.

Zunächst entsteht die Frage, auf welche Weise man den Stand der einmaligen Umdrehung der Flügelwelle finden könne, da die Länge des Wassercylinders zu ermitteln sei, der bei Vorbeifliessen gerade einmal die Flügelwelle dreht. Woltmann empfiehlt zu diesem Zweck, den Flügel an einer Stange wie beschriebenen Gebrauche zu befestigen und ihn in stehender

eine gewisse Strecke hindurch, also etwa 200 Fuss zu gehen. Die auf dem Ufer gemessene Länge dieses Weges dividirt durch die Anzahl der Umdrehungen, die man wieder in dem Weine an dem Rade abliest, giebt den gesuchten Werth einer Umdrehung. Man kann sich bei dieser Gelegenheit auch davon überzeugen, ob die Anzahl der Umdrehungen von der Geschwindigkeit ganz unabhängig sei, womit das Wasser gegen den Flügel stösst, und ob es allein durch die Länge des begegnenden Wassercylinders bedingt sei. Bei den verschiedenen Flügeln, die gebraucht habe, ist dieses immer der Fall gewesen.

Zuweilen lässt sich der erwähnte vorbereitende Versuch nicht führen, indem kein stehendes Wasser von hinreichender Ausdehnung in der Nähe befindlich ist. Es giebt alsdann noch ein anderes Mittel, um eben so sicher den Werth der einzelnen Umdrehung des Flügels zu ermitteln. Man zieht nämlich auf Papier eine gerade Linie, und richtet die Flügelwelle auf einer passenden Höhe genau darüber: nun stellt man die Flügelruthen lothrecht und schiebt ein Lineal unter dem Flügel so lange, bis es von dem Flügel mit der Fläche des Letzteren zusammenfällt. Man dreht alsdann die nächste Ruthe nach oben und so fort und überzeugt sich dadurch, dass wirklich alle Flügel unter gleichem Winkel gegen die Drehungsebene geneigt sind. Dieser Winkel wird durch die Richtung des Lineals gegen die Linie bezeichnet, welcher die Achse parallel gestellt wurde. Aus diesem lässt sich leicht der Werth der einzelnen Umdrehung des Flügels herleiten.

Wenn nämlich das Instrument in Thätigkeit ist, so schrauben sich die Flügel sich gleichsam durch das Wasser hindurch, und es ist anzusetzen, dass die Reibung keinen merklichen Einfluss äussert, indem die gesuchte Länge nichts anders, als die Weite des Schraubenganges, und man kann diese leicht, wenn man den Umfang der Schraube mit der Tangente des bereits gemessenen Neigungswinkels multiplicirt. Dagegen tritt der Zweifel ein, wie gross man den Radius des Flügels nehmen habe, um den gesuchten Umfang zu ermitteln. Streng genommen wird er etwas grösser sein, als der Abstand des Mittelpunktes der Flügelfläche von der Drehungsachse, der Unterschied ist jedoch so unbedeutend, dass man diesen ohne Nachtheil vernachlässigen kann und man wird sich durch Versuch in stehen lassen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

dem Wasser leicht überzeugen, dass das auf solche Weise rechnete Resultat mit dem der Beobachtung so genau übereinstimmt, wie die Schärfe der Messung überhaupt ein Urtheil gestattet. Es ist hiernach aber sehr leicht, einen Flügel so einzurichten, dass seine Umdrehungen einen gewissen vorher bestimmten Werth haben, bei dem in Fig. 77 a und b dargestellten Instrument dreht sich die Flügelwelle genau einmal um, wenn 9 Zoll Wasser verfließen, und hierdurch vereinfacht sich ausserordentlich die Rechnung, die man nach jeder Beobachtung vornehmen muss.

Die Reibung der Flügelwelle, sowie auch die des Rades der Schraube gegen das letztere ist im Vergleiche zu dem Stande des Wassers immer so unbedeutend, dass ich sie niemals annehmen konnte, wenn ich den Flügel auch sehr langsam durch stehendes Wasser bewegte. Das Wasser überzieht auch ebenfalls alle Theile des Instrumentes und es wirkt daher in ähnlicher Weise, wie eine Schmiere. Hiernach erscheinen die Vorsichtsmaassregeln, die man zuweilen behufs Verminderung der Reibung bei diesem Instrumente getroffen hat, ganz überflüssig, wie z. B. die Anwendung von recht feinen stählernen Achsen und wohl auch von ausgebohrten Edelsteinen, worin dieselben laufen.

Wenn das Instrument in heftiger Strömung benutzt wird, lässt es sich nicht immer vermeiden, dass es zuweilen gestört, wenigstens stark erschüttert wird, und selbst der Druck des Wassers stellt schon bei einer Geschwindigkeit von etwa 7 Fuss in der Secunde die Festigkeit aller Theile auf die Probe. Es muss daher besonders darauf sehen, dass die ganze Zusammensetzung möglichst solide und fest sei. Die stählernen Achsen zeigen aber den grossen Uebelstand, dass sie leicht rosten: ich habe daher vorgezogen, den Flügel ganz aus Messing zusammenzusetzen. Die Reibung zwischen der Schraube und dem Rade kann sehr gross werden, wenn man letzteres scharf dagegen drückt, und dabei ist es noch leicht möglich, dass ein Verbiegen der Theile eintritt. Um dieses zu vermeiden, muss die Einrichtung getroffen sein, dass der Rahmen, welcher das Rad trägt, sich nur bis zu einer gewissen unschädlichen Höhe heben lässt: im vorliegenden Falle wird diese Höhe durch den Einschnitt in dem kleinen geschrobenen Riegel bedingt, worin sich zugleich der Schlüssel findet, in welchen das hintere Seitenstück des Rahmens eingreift.

Die Aufstellung des Flügels geschieht auf sehr verschiedene Weise. Häufig befestigt man ihn an einer Latte, die an einem ummitten Pfahle oder in einem dazu vorgerichteten Baume aus dem Schiffe herabgeschoben werden kann. In beiden Fällen muss man dafür Sorge tragen, dass die Achse der Flügelwelle immer dem Strome entgegengerichtet sei. Man hat dafür zuweilen durch die in Fig. 77 c dargestellte Vorrichtung gesorgt, in der Flügel sich um eine verticale Achse frei drehen kann und hinreichend grosse Fahne am hintern Ende ihn immer gerad einstellt. Der kleine Flügel, den ich schon seit Jahren abgebraucht habe, ist oben mit einer starken Schraubenmutter versehen, welche auf eine Spindel am Spazierstocke passt, aber in grösserer Tiefe die Messung vorgenommen werden, lässt sich das Instrument leicht durch zwei Holzschrauben mit Köpfen, die in demselben Kästchen aufbewahrt werden, auf der Latte befestigen.

Ueber die Einrichtung des Flügels und den Gebrauch desselben sind noch einige andere Umstände zu erwähnen. Man hat die Flügelwelle oft lose auf die Ruthen auf, damit man jede beliebige Neigung geben könne, und häufig ist der Kasten, worin das Instrument verpackt wird, so eingerichtet, dass beim jedesmaligen Einlegen die Flügel von den Ruthen lösen. Diese Anordnung ist höchst unzweckmässig, denn sie macht dem jedesmaligen Gebrauche einen neuen Probeversuch nothwendig. Bei dem in der Figur dargestellten Instrumente sind die Flügelflächen auf die Ruthen aufgelöthet: letztere lassen sich lösen, wenn man die Schraube am Ende der Flügelwelle löst, abnimmt, und sie finden ihren Platz im Deckel des kleinen Kasten, wodurch die Grösse desselben so sehr reducirt wird, dass man es sehr bequem in der Tasche tragen kann. In der Mitte am vordern Ende der Achse, wogegen die beiden Ruthen abheben, ist ein Stift eingesetzt, der in entsprechende Löcher in den Ruthen eingreift, und ihnen daher die erforderliche Stellung gibt. Das erwähnte Instrument hat eine sehr grosse Festigkeit erhalten, dass die Flügelwelle und ebenso das Rad, zur Unterlage der Blechscheibe gelegt ist, gegen welche alle einzelnen Theile festgeschraubt sind. Es wurde dadurch möglich, einen Eisenriegel dicht unter der Welle hindurchgehen zu lassen,

und wenn eine noch grössere Festigkeit erforderlich gewesen wäre, so hätte die Oeffnung in der Scheibe neben dem Rade ganz fortfallen können.

Von grosser Wichtigkeit ist ferner die passende Form der Zähne: man sieht oft hydrometrische Flügel, bei denen diese Form so gewählt ist, als ob das Rad in ein Getriebe eingreifen sollte. Auch dieses ist sehr unpassend, denn in solchem Falle geschieht es leicht, dass der Zahn mit seiner breiten Fläche gerade auf die Stirn des Schraubenganges trifft, und alsdann das starke Anziehen des Fadens eine solche Kleinmuth verursacht, dass das Instrument leidet, und wenigstens die Beobachtung vereitelt wird. Man muss, um ein solches Zusammentreffen möglichst zu vermeiden, sowohl den Gang der Schraube als die Zähne des Rades sorgfältig scharf ausschneiden.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass man zuweilen, aus der Dauer der Beobachtung auf eine längere Zeit auszuweichen, die Achse des gezahnten Rades noch mit einem zweiten Rade in Verbindung setzt, welches die Umgänge des ersteren zählt. Diese Einrichtung ist indessen wohl gemeinhin überflüssig. Bei dem erwähnten kleinen Flügel, der sich bedeutend schneller bewegt, als dieses bei grössern Instrumenten zu geschehn pflegt, entspricht dennoch die einmalige Umdrehung des Rades einem Wasserfuss von 75 Fuss Länge: wird also eine Geschwindigkeit von 7 Fuss gemessen, was doch nur sehr selten der Fall ist, so dreht sich das Rad in $7\frac{1}{2}$ Secunden einmal um, und wenn diese Dauer eines Versuches nicht für genügend angesehen wird, so ist sie doch zu einer vorläufigen Bestimmung der Geschwindigkeit ausreichend. Sobald diese aber näherungsweise bekannt ist, so kann darüber nicht mehr in Zweifel sein, ob beim länger ausgedehnten Versuche das Rad sich zwei oder dreimal umgedreht hat. Sonst lässt sich ohne Schwierigkeit in den seltenen Fällen, wo dies nöthig ist, die Messung auf eine etwas längere Zeit ausdehnen. Es liegt indessen durchaus kein wesentlicher Vortheil darin, wenn man die Beobachtungszeit recht gross annimmt: der unvermeidliche Fehler in der Bestimmung der Zeit wegen des nicht momentanen Anziehens und Nachlassens des Fadens erhält freilich um so geringeren Einfluss, je grösser die Dauer der ganzen Beobachtungszeit ist: und dasselbe findet auch mit dem un-

lichen Verschieben des Rädchens statt, wenn dasselbe wie gewöhnlich nicht genau auf die Schraubengänge und den festen Boden trifft. Diese Unsicherheit bleibt indessen wohl gewöhnlich derjenigen, welche durch die Ungleichmässigkeit in der Bewegung des Wassers besonders im heftigen Strome veranlasst ist. Dieselbe giebt sich schon durch das verschiedene und unregelmässig wiederkehrende Aufwollen zu erkennen: noch viel deutlicher zeigt sie sich aber in den Resultaten der Messung, wenn eine grössere Anzahl von Beobachtungen unmittelbar nacheinander, also unter ganz gleichen Umständen anstellt. Diese Abweichungen betragen in einem stärkeren Strome häufig 5 Procent und oft noch mehr: es erscheint daher zwecklos, die Apparate zur Darstellung einer grossen Schärfe der Beobachtung einzusetzen, wenn in der Erscheinung selbst weit grössere Anomalien vorkommen.

Unter denjenigen Instrumenten, welche nicht unmittelbar die Geschwindigkeit des Wassers, sondern den Stoss messen, den das Wasser auf gewisse Flächen ausübt, ist zuerst die von Michelotti angegebene hydraulische Schnellwage zu erwähnen. Die Einrichtung in Fig. 78 erklärt ihre Einrichtung und ihren Gebrauch hinreichend, so dass nur zu erwähnen ist, dass das kleine veränderbare Gewicht auf dem längern horizontalen Hebelsarme durch seinen Abstand von der Drehungsachse den Stoss des Wassers misst. Ebenso wenig darf in eine nähere Beschreibung der von neuerer Zeit benutzten Wasserfahne Fig. 79 eingegangen werden: dieselbe würde im stehenden Wasser vermöge des angehängten Gewichtes sich zugleich mit dem Zeiger links drehen, sobald sie von dieser Seite durch den Strom getroffen wird, so wird sie zurückgedrängt, und sie bleibt an derjenigen Stelle stehen, wo der Druck des Wassers gegen die schräge Fläche dem Zuge des Gewichtes gleich kommt. Beide Instrumente geben bei verschiedenen Strömungen die stärkere zu erkennen, und wenn man, wie oben erwähnt worden, mit ihnen Probeversuche bei bekannten Geschwindigkeiten angestellt hat, und dadurch auf empirischen Wegen die Bedeutung verschiedener Ablesungen ermittelt ist, so lässt sich mit gehöriger Sicherheit auch umgekehrt aus diesen Ablesungen auf die zugehörige Geschwindigkeit des Stromes schliessen.

Häufigere Anwendung als die eben erwähnten Apparate der Stromquadrant Fig. 80 gefunden, dessen Gebrauch nämlich zur Messung der Geschwindigkeiten in der Nähe der Fläche recht bequem ist, wiewohl auch für ihn die Beobachtung über die Reduction des Stosses auf die Geschwindigkeit des Wassers gelten muss. In dem Mittelpunkte eines Quadranten wird an einem dünnen Faden eine Kugel angehängt, welche den Stössen des Wassers ausgesetzt ist. Ausserdem ist der Quadrant mit einem Lothe versehen, welches nicht ins Wasser berührt, das also zur Controlirung der Aufstellung des Apparates dient. Nimmt man an, wie dieses gewöhnlich geschieht, dass die Abweichung dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sei, so findet man leicht, dass diese Geschwindigkeit wieder der Quadratwurzel der Tangente des Winkels, den der Faden mit dem Lothe bildet, proportional sein muss. Unter der eingeführten Voraussetzung darf man nur eine Beobachtung anstellen, um den constanten Factor zu finden, und wenn dieser bekannt ist, so lässt sich bei jeder beobachteten Neigung des Fadens die zugehörige Geschwindigkeit berechnen. Eytelwein hat durch mehrere Beobachtungen nachgewiesen*), dass für kleinere Geschwindigkeiten die Verhältnisse ziemlich genau mit der Rechnung übereinstimmen: damit die Neigung des Fadens gegen das Loth nicht zu gross wird, empfiehlt derselbe bei grösseren Geschwindigkeiten hohle Metallkugeln zu benutzen, deren Gewicht etwa viermal so gross, als das verdrängten Wassers ist, während bei kleineren Geschwindigkeiten Elfenbeinkugeln gebraucht werden sollen.

Wenn man mittelst dieses Instrumentes die Geschwindigkeit in einiger Tiefe unter der Oberfläche messen will, so sind der grosse Uebelstand ein, dass der Faden durch das stossende Wasser gekrümmt wird, wie in der Figur angegeben ist: und in diesem Falle liest man den Neigungswinkel des Fadens grösser ab, als er sein würde, wenn die Kugel an seiner Linie befestigt wäre. Die Krümmung des Fadens nimmt mit grösserer Tiefen immer zu, man gelangt daher durch diese Beobachtungen zu dem Resultate, dass die Geschwindigkeit des

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten die Natur betreffend. 1799. II. Seite 53 ff.

Strome mit der Tiefe wächst. In der That haben die Messungen mit dem Stromquadranten dazu beigetragen, dass diese Ansicht, welche namentlich von den Ältern Italienischen Gelehrten aufgestellt war, um so leichter Eingang fand, als sie durch die Erfahrung zu bestätigen schien.

Ich komme nunmehr zur Beschreibung eines Instrumentes, welches sehr häufig angewendet ist, und in Frankreich auch noch häufig benutzt wird. Dieses ist die Pitotsche Röhre, die ursprünglich in ihrer ursprünglichen Gestalt so einfach war, wie ein anderer Apparat, der zum messen der Geschwindigkeit dienen kann (Fig. 81 a zeigt die Anordnung, welche Pitot wählte*), der die Geschwindigkeit des Stromes unter einer Brücke beobachtete. Die Schwimmer, die er sonst benutzt hatte, waren nicht brauchbar, indem sie nur ein Resultat gaben, wenn sie auf gewissen Weg zurücklegten, hier aber kam es darauf an, an einem bestimmten Punkte die Messung vorzunehmen. Eine Röhre, welche an beiden Enden offen, und unten im rechten Winkel gebogen war, bildete den ganzen Apparat. Dieses umgekehrte Ende wurde nämlich dem Strome entgegengekehrt, während der längere Schenkel senkrecht gestellt war. Der Druck des strömenden Wassers erhob das Wasser in der Röhre und die Differenz der Wasserspiegel in derselben gegen den äussern bezeichnete die Stärke der Strömung. Lässt man alle Nebenumstände unberücksichtigt, so ist die Theorie dieses Instrumentes höchst einfach.

Der Erhebung des Wasserspiegels in der Röhre über das äussere Wasser würde, wenn die Strömung nicht stattfände, sogleich ein Abfließen des Wassers veranlassen und zwar würde dieses mit derselben Geschwindigkeit erfolgen, welche ein Körper beim freien Fall von derjenigen Höhe erlangt, welche der erwähnten Wasserdifferenz gleich kommt. Diese Geschwindigkeit wird aber im vorliegenden Falle vollständig aufgehoben, und dieses kann nur geschehen, wenn das horizontal dagegen strömende Wasser eine gleiche Geschwindigkeit hat, denn nur in diesem Falle ist der Druck des Wassers von beiden Seiten gleich gross. Das Wasser steigt also in der Pitotschen Röhre zu derjenigen Höhe über das äussere Wasser, welche als Fallhöhe der Geschwindigkeit des

*) *Mémoires de l'Académie. 1732.*

Stroms entspricht. Hiernach würden z. B. die Geschwindigkeiten der Strömung von 1, 2, 3 und 4 Fuss sich durch eine Erhebung des Wasserstandes in der Röhre von resp. $2\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{2}$, $20\frac{1}{2}$ und 36 Linien zu erkennen geben.

Auf die Sicherheit der Beobachtung haben jedoch manche fremdartige Einwirkungen einen bedeutenden Einfluss, und ausserdem ist die Ablesung, insofern sie unmittelbar über dem Wasserspiegel des Stroms stattfinden muss, höchst unbequem, namentlich da die Grössen, welche man messen soll, bei geringen Geschwindigkeiten sehr unbedeutend bleiben und unter diesen Umständen kaum wahrzunehmen sind. Der Einfluss der Capillar-Attraction der Röhre lässt sich in stehendem Wasser leicht ermitteln, und sonach für jede Beobachtung in Abzug stellen, wobei aber auf etwa stattfindende Verschiedenheit der Weite der Röhre Rücksicht genommen werden muss. Weit wichtiger sind jedoch andere Umstände, welche eine verschiedene Erhebung des Wasserspiegels in der Röhre bedingen, und welche in der Richtung des vorbeiströmenden Wassers, sowie auch vielleicht in manchen Hindernissen der Bewegung ihren Grund haben. Dubuat verband die Glasröhre mit einem Gefässe, dessen breite Seite mit einer grossen Anzahl von Oeffnungen versehen war^{*)}, wie Fig. 81 b zeigt. Die Seite wurde dem Strome entgegengekehrt, und je nachdem die verschiedenen Oeffnungen geschlossen oder frei waren, erhob sich das Wasser zu verschiedenen Höhen in der Röhre. Im Allgemeinen stellte sich das Gesetz heraus, dass die Oeffnungen in der Nähe des Randes den Wasserstand in der Röhre verminderten und dagegen die mittlern Oeffnungen ihn erhoben. Wenn alle Oeffnungen frei waren, erhob sich das Wasser auf 2 Zoll $7\frac{1}{2}$ Linien. Am tiefsten sank es, wenn die unterste Oeffnung in der Mitte allein offen blieb: seine Erhebung betrug alsdann nur noch 2 Zoll 3 Linien. Es erreichte aber den höchsten Stand, nämlich 2 Zoll 5 Linien, wenn alle Oeffnungen mit Ausnahme der mittlern geschlossen wurden. Dubuat gelangt durch diese und einige ähnliche Versuche zu dem Resultat, dass man, um eine recht starke Erhebung des Wasserspiegels einzuführen, den unteren Schenkel der Röhre konisch erweitern und mit einer Platte schliessen

^{*)} *Principes d'hydraulique* II. pag. 443. ff.

welche in ihrer Mitte mit einer feinen Oeffnung versehen ist. In diesem Falle erreicht der Wasserstand in der Röhre nach der Untersuchung nicht nur die Höhe, welche der Geschwindigkeit entspricht, sondern übertrifft dieselbe noch um die Hälfte. Es gründet er die Regel, dass man von der beobachteten Differenz zuerst den dritten Theil abzieht, und alodann die vorige Geschwindigkeit berechnen müsse. Diese Aenderung des Apparates gewährt noch den wesentlichen Nutzen, dass das Wasser in der Röhre nicht mehr so stark schwankt, sondern sich unverändert seinen Stand behält.

Fig. 81 c zeigt endlich das Instrument in derjenigen Einrichtung, die Mallet demselben gab, und wie es heut zu Tage gewöhnlich in Frankreich benutzt wird *). Eine blecherne Röhre von 5 bis 6 Fuss Länge und 2 Zoll Weite ist am untern Ende in einem rechten Winkel gebogen und läuft hier konisch aus, so dass die Oeffnung in der Spitze 1 Millimeter oder nahe $\frac{1}{4}$ Linie Durchmesser hält. In der Röhre befindet sich ein Schwimmer, dessen Stiel mit einer Eintheilung versehen ist, welche eine bequeme Ablesung in einer angemessenen Höhe gestattet. Man taucht die Röhre bis zu derjenigen Tiefe, in welcher man die Geschwindigkeit messen will, senkrecht ein, und indem es darauf ankommt, den äußeren Schenkel ganz genau gegen den Strom gekehrt zu halten, in welchem Falle grade das Wasser in der Röhre am höchsten steigt, so dreht man sie langsam um ihre verticale Achse und beachtet dabei den Stand des Schwimmers: das Maximum seiner Höhe ist die gesuchte Grösse. Damit man aber eine noch grössere Höhendifferenz erhält, und zugleich der Mühe überhoben ist, die Höhe des äusseren Wasserstandes ganz scharf zu messen, wird nach der erwähnten Operation sogleich der kurze Schenkel nachwärts gekehrt und wieder durch langsame Drehung das Maximum der Höhe des Schwimmers gemessen, wobei man jedoch sorgsam darauf achten muss, dass die Röhre weder gehoben noch gesenkt wird. Bei der letzten Stellung des Apparates sinkt das Wasser in der Röhre eben so tief unten den äusseren Wasserstand, als es früher darüber stand. Die Differenz zwischen dem

*) Genleys, *essai sur les moyens de conduire, d'élever et de débiter les eaux*. Paris 1829, pag. 72.

gefundenen Maximum und Minimum ist also doppelt so groß, als die Erhebung des Niveaus in der Röhre sonst zu sein. Der Einfluss der Capillar-Attraction wird bei dieser Beobachtung ganz beseitigt. Ein allgemein gültiger Coefficient zur Correction der beobachteten Höhe auf die der Geschwindigkeit entsprechende Fallhöhe lässt sich indessen nicht darstellen, wie dieses verimuthete, und sonach ist es nothwendig, für Instrument dieser Art denselben durch besondere Versuche zu ermitteln.

Endlich erwähne ich noch des Brüningschen Timometers, oder desjenigen Apparates, welcher von Brünings gegeben und in Holland zur Messung der Wassermenge des Wassers vielfach benutzt ist. Fig. 82 stellt denselben dar *): er ist im Wesentlichen mit der hydrometrischen Schnellwage übereinstimmend, aber vor derselben, wie vor den meisten andern Apparaten, der einen wichtigen Vorzug, dass man die Geschwindigkeiten in verschiedenen Tiefen derselben Perpendiculäre unmittelbar nach einander messen kann, ohne dass man, wie es sonst nothwendig ist, das Instrument jedesmal herausnehmen muss, um die Ablese zu bewirken. Eine kupferne quadratische Scheibe von 6 Zoll Durchmesser empfängt den Stoss des Wassers: ein gleichfalls kupferner Stiel derselben von quadratischem Querschnitt liegt in entsprechenden Löchern zweier Halter, so dass er sich leicht vor- und zurück schieben lässt. Am hintern Ende ist dieser Stiel mit einem umgekehrten Arme versehen und von hier geht eine Leine über eine Rolle bis zum obern Theile des Apparates, wo der Beobachter die Spannung der Leine, welche mit dem Druck des Wassers gegen die Scheibe übereinstimmt, an einer Schnellwage ablesen kann. Will man die Geschwindigkeit in einer andern Tiefe messen, so dreht man die in der Figur angegebene Curbel: dieselbe ist mit einem Getriebe verbunden, welches in eine gezahnte eiserne Achse eingreift. Die letzte befindet sich in der Achse des Pfahles, an deren untern Ende ist die erwähnte Scheibe mit ihren

*) Verhandeling over de Snelheid van stroomend Water door Brünings. In den Abhandlungen der Holländischen Societät. — Kröncke hat 1798 die Schrift ins Deutsche übersetzt, auch ist sie in Woltmans Beiträgen Band III. ein sehr vollständiger Auszug aus derselben.

der Rolle befestigt: alle diese Theile folgen daher jedesmal Bewegung der Stange. Die Leine muss dabei nach Maass der grössern oder geringern Tiefe verlängert oder verkürzt se. Nach den Resultaten, welche Woltman über diesen sehr gerichteten Apparat mittheilt, darf man seine Brauchbarkeit nicht zweifel stellen, nichts desto weniger scheint es, dass kaum in einem der vorher beschriebenen Apparate die Reibung und die zufällige Umstände einen so grossen Einfluss auf die Resultate behalten, als grade bei diesem.

Aus den an verschiedenen Stellen desselben Querprofils angestellten Geschwindigkeits-Messungen kann man die mittlere Geschwindigkeit und die ganze durchfliessende Wassermenge berechnen. Man findet die erstere unmittelbar durch das arithmetische Mittel aus allen einzelnen Geschwindigkeiten, wenn die Beobachtungen ganz gleichmässig über die Fläche des Profils verteilt waren. Gewöhnlich ist dieses nicht der Fall, und man ist alsdann zunächst für jede einzelne Section, oder für jede Perpendiculäre, worin Messungen angestellt sind, die betreffende mittlere Geschwindigkeit zu suchen. Hierbei darf man wieder das arithmetische Mittel nehmen, wenn die Beobachtungspunkte gleiche Abstände von einander haben, und sich über die ganze Länge des Perpendikels gleichmässig vertheilen. Findet es nicht statt, so muss man auch die Höhe, welche zu jeder einzelnen Beobachtung gehört, berücksichtigen. Man theilt nämlich die ganze Länge der Perpendiculäre in so viel einzelne Theile, als Beobachtungen darin angestellt sind, und zwar wählt man die Eintheilung so, dass die Beobachtungspunkte möglichst die Mitte der zugehörigen Theile treffen. Alsdann ergibt sich für jede einzelne Section die mittlere Geschwindigkeit, wenn man die Höhe jedes Theiles mit der gemessenen Geschwindigkeit multiplicirt, und die Summe dieser Producte durch die ganze Länge dividirt. Multiplicirt man ferner diese mittlere Geschwindigkeit mit der Fläche der Section, so erhält man die zugehörige Wassermenge, und die Summe aller ähnlichen Producte giebt die gesuchte Wassermenge.

Es ist leicht begreiflich, dass die Berechnung der mittlern Geschwindigkeit für jede Section bei diesem Verfahren überflüssig ist. Man gelangt unmittelbar, und wenn die Beobachtungs-

268 VIII. Hydromet. Arbeiten. 62. Geschw.-Messungen.

punkte sehr ungleichmässig vertheilt sind, auch sicherere Resultate, wenn man alle Beobachtungspunkte in das Profil trägt, und dieses in eine gleich grosse Anzahl von Theilen legt, so dass die Beobachtungspunkte immer möglichst in Mitte eines Theiles fallen. Alsdann ergiebt sich die Wassermenge aus der Summe aller einzelnen Geschwindigkeiten multiplicirt in die Fläche jedes zugehörigen Theiles. Die mittlere Geschwindigkeit für das ganze Profil findet man endlich, wenn man die Wassermenge durch den Flächeninhalt dividirt.



Neunter Abschnitt.

wegung des Wassers in Strömen.

Ursache der Bewegung.

Die Schwierigkeiten, welche sich bei der Untersuchung der Bewegung des Wassers in Röhren zu erkennen geben, wiederholen sich, und vermehren sich sogar, wenn man die Bewegung des Wassers in Strombetten oder überhaupt in offenen Leitungen verfolgt. Im ersten Falle war der Querschnitt des durchfliessenden Wasserprismas oder Wassercylinders an jeder Stelle mit dem der Röhre übereinstimmend und folglich bekannt: hatte diese überall eine gleiche Weite, so stellt sich sogar auf die ganze Länge der Röhre eine gleich grosse mittlere Geschwindigkeit ein. Dazu kam noch der günstige Umstand, dass die regelmässige Form der Röhre, die fast immer cylindrisch ist, und ihre vollständige Anfüllung mit Wasser, den Widerstand gleichmässig auf den ganzen Umfang vertheilt, so dass die obere Decke genau in derselben Art einwirkt, wie die Sohle der Röhre.

Bei offenen Wasserleitungen sind die Verhältnisse wesentlich verschieden: hier bildet sich eine freie Oberfläche, d. h. das Wasser füllt die Leitung an jeder einzelnen Stelle bis zu einer solchen Höhe an, wo der Druck, wie er sich auf das Piezometer zu erkennen geben würde, gleich Null ist. Dieses findet nach dem Bernouillischen Lehrsatz*) in dem Falle statt, wenn die Geschwindigkeit des Wassers der Druckhöhe entspricht. Die Druckhöhe wird gemessen durch die Differenz des Wasserspiegels an der untersuchten Stelle, gegen irgend eine andere oberhalb belegene, von welcher man annimmt, dass sie den Druck verursacht.

Zur Vermeidung von Missverständnissen müssen hierbei manche Umstände noch näher erklärt werden. Dahin gehört zunächst,

*) Theil I. pag. 223.

272 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

dass man den Widerstand, den das Wasser bei seiner Bewegung erfährt, nicht unberücksichtigt lassen darf. Wollte man denselben abstrahiren, so würde man zu dem Resultate gelangen, dass die Geschwindigkeit im Verhältniss zum Quadrate der Niveaudifferenz gegen das Speisebasin fortwährend zunehmen würde, wie Galiläi dieses wirklich ausgesprochen hat. Der Widerstand consumirt indessen fortwährend wenigstens einen Theil der Beschleunigung, welche dem Wasser als einem schweren Körper beim Herabfallen ertheilt wird. Gewöhnlich wird letztere aufgehoben und sehr häufig genügt sie noch nicht zur Ueberwindung der Widerstände, welche zur Ueberwindung der Widerstände erforderlich ist: alsdann wird hierzu noch ein Theil der Geschwindigkeit, womit das Wasser ankommt, verwendet, der Strom fliesst an einer Stelle langsamer, als er oberhalb dieser Fall ereignet sich jedesmal unterhalb der sogenannten Stromschnellen oder derjenigen Stellen, wo die Geschwindigkeit besonders gross ist, und wo eben diese grosse Geschwindigkeit bei Ueberwindung der Widerstände einen ungewöhnlichen Verbrauch an lebendiger Kraft verursacht. Die der Geschwindigkeit entsprechende Druckhöhe oder die sogenannte Geschwindigkeitsdruckhöhe ist daher für eine gewisse Stelle *B* im Strome gleich der Summe aus der Druckhöhe, welche der Geschwindigkeit an einer Stelle oberhalb begebenen Stelle *A* entspricht, und aus der Niveaudifferenz zwischen *A* und *B* nach Abzug derjenigen Druckhöhe, welche zur Ueberwindung der Widerstände auf dieser letzten Stromstrecke consumirt wird. Wenn die Beschleunigung, welche aus der Niveaudifferenz entspringt, vollständig durch die Widerstände vernichtet wird, so dass das letzte Glied gleich Null wird, so bleibt die Geschwindigkeit in *B* eben so gross, wie sie in *A* war, und man nennt in diesem Falle die Bewegung des Wassers gleichförmig.

Bei einer solchen gleichförmigen Bewegung ist die Niveaudifferenz zwischen beiden Stellen *A* und *B*, welche das Maass der lebendigen Kraft angiebt, den Widerständen auf der zwischenliegenden Stromstrecke gleich und wenn das Bett eine regelmässige Form hat, so kann man annehmen, dass die Widerstände auf die Länge gleichmässig vertheilt sind: hiaraus folgt, dass in diesem Falle auch die Niveaudifferenzen den Längen des Stromes

proportional sein müssen, oder dass für die ganze Strecke, wo gleichförmige Bewegung stattfindet, das relative Gefälle constant ist. Der Abstand des oberhalb belegenen Profiles A, von dem aus die Druckhöhe gemessen wurde, ist sonach in diesem gleichgültig, und es kommt nicht mehr auf das absolute, sondern auf das relative Gefälle des Stromes an.

Wenn dagegen das Wasser nicht gleichförmig, sondern mit beschleunigter oder verzögerter Geschwindigkeit fliesst, so lässt sich an offenen Leitungen eine unmittelbare Uebertragung des Drucks auf messbare Entfernungen nicht annehmen. In Röhrenleitungen giebt sich eine solche freilich, und selbst auf grosse Entfernungen oft sehr auffallend zu erkennen, so z. B. werden springenden Strahlen durch den unmittelbar übertragenen Druck herbeigebracht, und dieselben verlieren sehr wenig an Sprunghöhe, wenn das hochgelegene Speisebassin auch ziemlich weit abliegt. Die freie Oberfläche der offenen Leitungen veranlasst dagegen, dass an einzelnen Stellen, welche man als Speisebassin ansehen will, der Druck nicht unvermerkt durch die nächste Stelle der Leitung weitergeleitet werden kann, wie dieses in einer Röhre geschieht, sondern sie stellt sich gleich in dieser Stelle den Wasserspiegel so hoch, dass sich selbst ein gleicher Gegendruck darstellt. In dieser Weise ist der Druck, der in jedem einzelnen Profile stattfindet, aus der Niveaudifferenz gegen das nächst vorhergehende gegeben, oder da diese unendlich kleinen Grössen nicht mehr absolut, sondern vergleichungsweise messen kann, so wird er wieder durch relative Gefälle bezeichnet.

Betrachtet man zwei Querschnitte in einem Strome, die so neben einander liegen, dass sich noch eine unmittelbare Uebertragung des Drucks zwischen denselben denken lässt, so ist es zunächst klar, dass dieser Druck gegen den zweiten Querschnitt sich nicht nur in der Oberfläche darstellen wird, sondern auch in jeder beliebigen Tiefe unverändert derselbe bleibt, wenn die Niveaudifferenz zwischen je zwei Wassersäulen, von der einen und der andern Seite gegen jeden tiefer liegenden Punkt in einer beliebigen Section des Querschnitts drücken, gleich gross ist. Wenn also die beiden angenommenen Querschnitte oben durch horizontale Linien begrenzt sind, so üben ihrer ganzen Ausdehnung auf gleiche Flächen, z. B. von

274 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

1 Quadratsuss Grösse, einen vollkommen gleichen Druck gegeneinander aus. Dieser Druck kann auf zwei verschiedene Arten sich äussern, nämlich entweder bewirkt er eine vermehrte Geschwindigkeit des Wassers, falls die Beschleunigung grösser ist, als die Widerstände an dieser Stelle, und falls das Strombette weiter unterhalb so beschaffen ist, dass das Wasser leicht abfliessen kann. Findet dagegen der freie Abfluss in der folgenden Strecke ein Hinderniss, so verursacht der Druck des ersten Profils gegen das zweite in dem letzten ein Steigen des Wassers bis zu einer entsprechenden Höhe, wodurch das früher bestandene relative Gefälle vermindert wird. Diese letzte Bemerkung setzt irgend eine Aenderung, entweder im Strombette oder im Zuflusse, voraus. Sie kann im Beharrungszustande des Stromes nicht eintreten, derselbe stellt vielmehr die bereits erfolgte Ausgleichung des Druckes oder des Gefälles gegen die Geschwindigkeiten dar. Aenderungen der Geschwindigkeit können indessen auch in diesem Zustande vor sich gehen, wenn man den Weg betrachtet, den das Wasser durchfliesst: an jeder einzelnen Stelle dieses Weges muss die Geschwindigkeit aber constant bleiben, sobald der Zufluss und alle Umstände, welche die Strömung bedingen, unverändert bleiben.

Auf die erwähnte Weise findet auch in der Untersuchung der offenen Leitungen und der Ströme der Bernouillische Satz seine Anwendung: er bedingt eine gewisse Beziehung zwischen der Beschleunigung und der Erhebung des Wasserspiegels oder des Gefälle. Die Widerstände, welche indessen hierbei von Einfluss sind, und welche die Beschleunigung, sowie die frühere Geschwindigkeit des Wassers aufheben, stellen sich so complicirt dar, dass sie ihrer Natur nach bis jetzt so unbekannt geblieben, dass es unmöglich ist, ihre Wirkungen speciell zu verfolgen oder dieselben a priori anzugehen. Diese Untersuchung zeigt nur, dass die grössere Geschwindigkeit im Strome mit dem stärkeren Gefälle zusammenfallen muss, und umgekehrt, was die Erfahrung auch wirklich bestätigt.

Dass die Gestaltung des Strombettes den wesentlichsten Einfluss auf die Bewegung des Wassers ausübt, ist an sich klar; man darf aber nicht annehmen, dass das Gefälle des Stroms, oder das Gefälle im Wasserspiegel, dem Abhange des Be-

all entsprechen sollte. Wenn man die ganze Länge des Laufes betrachtet, wird freilich durch die Angriffe des Wassers gegen den Boden, sowie durch die Ablagerungen, die an tiefsten Stellen erfolgen, das eine sich nahe genug eben so verhalten, wie das andere herausstellen. Auf den einzelnen Strombetten zeigen sich aber sehr häufig die wesentlichsten Veränderungen, und das Strombett liegt oft ganz horizontal, oder ist wohl gar in der Richtung der Strömung an, während der Wasserspiegel beständig in dieser Richtung geneigt sein muss, da sonst die Strömung zugleich mit dem Drucke aufhören würde. In Folge sehr heftiger Wasserstürze bilden sich zuweilen mittelbar unter denselben einzelne Wellen, in deren gegen den Strom gerichteten Fläche das Gefälle negativ wird. Bei kleineren Stürzen und namentlich neben Freigerinnen sieht man dieses zuweilen: bei grösseren Strömen kommt es wohl nie vor. Wenn durch die Einwirkung der Fluth oder in Folge heftiger Stürme vor den Ausmündungen der Ströme der Wasserspiegel der See gehoben wird, und auf diese Art das Gefälle stromwärts geneigt ist, so bildet sich auch sogleich eine entgegengesetzte Strömung, und der Strom fliesst auch in diesem Falle nicht in derselben Richtung, welche der Abhang des Wasserspiegels bedingt. Dieses Zurückströmen erfolgt soweit stromwärts, als das Gefälle umgekehrt ist: wo der Wasserspiegel horizontal ist, hört auch die Strömung auf und oberhalb dieser Stelle ist das Gefälle und zugleich der Strom nach der See geneigt. Die besonderen hierbei eintretenden Umstände sollen später auseinander gesetzt werden, die Erscheinung wird hier nur desshalb erwähnt, um zu zeigen, dass sie keine Ausnahme von der gemeinen Regel macht, und dass die Richtung und Stärke des Stroms unter allen Umständen von dem Gefälle des Wasserspiegels abhängt.

Wenn das Strombett an einer Stelle stark geneigt ist, weiter oberhalb aber wieder ansteigt, so kann das Wasser nicht früher abfließen, als bis es den Rücken an der letzten Stelle erreicht hat: es muss also ganz unabhängig von der Neigung des Bettes von der Geschwindigkeit, womit es ankommt, sich so lange in der Vertiefung ansammeln, bis es über jene Höhe überfließen kann. Hierbei ereignet es sich gewöhnlich, dass diese Vertiefung

276 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

auch nach der Breite weit ausgedehnt ist, wodurch sich bildet. Beim Durchgange durch Seen verliert der seine Geschwindigkeit beinahe ganz. Die mittlere Geschwindigkeit ist umgekehrt der Grösse des Profils proportional, wenn das Profil des Sees in der gegen die Strömung normalen Richtung gemessen, im Vergleich zum frühern Profile des Stromes verhältnissmässig gross ist, so wird die Geschwindigkeit umklein ausfallen und zugleich das Gefälle verschwinden. Verminderung der Geschwindigkeit beim Eintritt des Stromes in den See, oder überhaupt in ein weiteres Bett, muss jedesmal einem grossen Verluste an lebendiger Kraft verbunden sein, die in jeder Secunde abgeführte Wassermenge an beiden Enden gleich gross, ihre Geschwindigkeit aber sehr verschieden ist. Dieser Verlust an lebendiger Kraft erfolgt in solchem Falle theilweise allein durch die Widerstände, welche die Seitenwände und die Sohle des Bettes verursachen, denn diese würden hinreichen, um die mittlere Geschwindigkeit, soweit es hier erforderlich ist, zu reduciren. Es müssen daher noch andere Umstände eintreten, die diesen Erfolg herbeiführen, und als solche kann nur die innern Bewegungen ansehen, die im Wasser vorkommen und die gerade in diesem Falle sich sehr deutlich zu zeigen pflegen.

Das Wasser besitzt, wie schon früher erwähnt worden, eine starke Adhäsion: ein Wasserfaden, der in Bewegung ist, zieht daher die nächstliegenden mit sich fort, so dass an der Stelle, wo die letzteren sich befanden, eine Senkung des Wassers erfolgt. Dadurch bildet sich wieder ein Gefälle in entgegengesetzter Richtung, und dieses veranlasst das Wasser von der andern Seite her an dieselbe Stelle hinzuströmen, wo es vom Hauptstrom gleich gefasst und aufs Neue fortgeführt wird. Die Wirbel, welche unter solchen Verhältnissen sich bilden, sind immer so heftiger, je grösser die Differenz der mittleren Geschwindigkeiten in dem ober- und unterhalb belegenen Profile ist. Im Unterlauf der Freirinnen und der natürlichen Wasserfälle, wo sich gewöhnlich eine grosse Verbreiterung und Vertiefung des Bettes in Folge des heftigen Wassersturzes gebildet hat, zeigen sich diese Wirbel besonders auffallend. Sie gehen sich indessen bei jedem strömenden Wasser zu erkennen, und die Ursache ihrer Entstehung

alsdann darin suchen, dass niemals eine ganz gleichmässige Bewegung im Wasser stattfindet und vielmehr in jedem Profile verschiedenartige Geschwindigkeiten, wie auch ganz verschiedene Richtungen der Bewegung vorkommen. Die Widerstände, welche die Beschleunigung aufheben und welche das Wasser diejenige Geschwindigkeit annehmen lassen, die ihm in Folge des Falles nach den Gesetzen der Mechanik zukömmt, darf daher keineswegs ausschliesslich in einer gewissen Einwirkung des Flussbettes suchen, die man sich als Reibung oder auf eine Weise denkt, sondern ausserdem zerstört sich die lebendige Kraft auch noch im Innern des Stroms selbst durch die hier stattfindenden Bewegungen, die immer aufs Neue entstehen und sich stöhrlich gegenseitig zerstören. Einen sehr sichern Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht giebt die schon oben erwähnte Beobachtung, dass grosse mit dem Strome schwimmende Massen, Schiffe, sich schneller als das Wasser bewegen. Das Gewicht des Schiffes stimmt genau mit demjenigen der Wassermasse überein, die es verdrängt hat: denkt man also, dass nebeneinander ein Schiff und eine gleich schwere Wassermasse von derselben Form fortgetrieben, so ist die Beschleunigung ebenso, wie der Widerstand, den beide erfahren, ganz gleich, wenigstens kann man wohl annehmen, dass das Schiff weniger Widerstand, als das Wasser erfahren sollte, und nichts desto weniger eilt das Schiff einmal dem Wasser voran. Der Grund davon kann nur in dem Grunde liegen, dass das Schiff die lebendige Kraft, welche es beim Herabgleiten von der Ebene erhält, vollständiger conservirt, als das Wasser, und die stärkere Kraftconsumtion des letztern lässt sich nur durch die innern Bewegungen erklären. Die Erfahrung zeigt auch in der That, dass gerade an den Stellen, wo die innern Bewegungen am grössten werden, wie z. B. unterhalb der Stromschnelle, der Unterschied der Geschwindigkeit sich am deutlichsten darstellt, und das Schiff, obgleich es nur vom Strome getragen wird, sich hier sehr scharf und sicher steuern lässt.

Durch die erwähnten innern Bewegungen wird der ganze Stoss, den das Wasser durch den Sturz erhielt, schnell zerstört: nicht bald unterhalb solcher Stellen das Wasser ruhig und gleichmässig abfliessen. Die Geschwindigkeit des Stroms ist daher von dem Gefälle der oberhalb belegenen Stellen nur in sehr geringem

278 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

Maasse abhängig, und wird vielmehr beinahe ausschliesslich das Gefälle bedingt, welches an derjenigen Stelle stattfindet, an welcher man gerade die Geschwindigkeit untersucht.

Es ergibt sich aus dem Angeführten, dass die ganze Wassermasse, welche sich gleichzeitig in einem Profile befindet, auf demselben Wege gleichmässig und in paralleler Richtung sich fortbewegt. Besonders an den Stellen, wo das Strombett plötzlich seine Richtung oder Tiefe verändert, stellen sich sehr verschiedene Geschwindigkeiten und oft in gerade entgegengesetzter Richtung in demselben Querschnitt ein. Vor den Köpfen eines in den Strom reichenden Einbaues bildet sich eine heftige Stauung, an welcher die ihr zur Seite befindliche, eingeschlossene Wassermasse nicht weiter Theil nimmt, als dass sie da, wo der Einbau sie berührt, fortgerissen wird und auf solche Weise in der Richtung der Bewegung kommt, so dass neben dem Ufer das Wasser abfließt oder einen sogenannten Widerstrom bildet. Wenn daher, wie es immer geschieht, nur die mittlere Geschwindigkeit für jedes gewählte Profil betrachtet, so fasst man die Verhältnisse ganz unpassend auf, und es ist durchaus nicht zu erwarten, dass man auf diesem Wege zu allgemein gültigen und richtigen Resultaten gelangen sollte. Nur wenn das Bett sehr regelmäßig gestaltet und von allen plötzlichen Verengungen oder Erweiterungen frei ist, darf man hoffen, zu Resultaten zu gelangen, die mit den Beobachtungsmaassen übereinstimmen. Dieses ist gerade der Fall, auf welchen die Theorie der Bewegung des Wassers in Strombetten sich ausschliesslich beschränkt. Bevor ich dieselbe mittheile, will ich es aber nöthig, über die Verminderung der Geschwindigkeit mit der Tiefe zu sprechen, weil dieselbe wenigstens den Beweis liefert, dass nicht die inneren Bewegungen allein die lebendige Kraft zerstören, sondern auch die Wände und die Sohle des Stromes die Bewegung hindern. Diese letzte Untersuchung würde, wenn sie zu sichern Resultaten geführt hätte, den wesentlichen Vortheil gewähren, dass man aus der an der Oberfläche gemessenen Geschwindigkeit in irgend einer Section und aus der Tiefe in irgend einer Section deren mittlere Geschwindigkeit finden könnte.

§. 64.

Mittlere Geschwindigkeit.

Die Versumpfung, welche der Po mit seinen Nebenflüssen in der Nähe der Ausmündung in das Adriatische Meer verursachte, hat schon sehr frühe die Aufmerksamkeit der Italiänischen Gelehrten auf die Bewegung des Wassers in Strömen. Wie geringe Resultate dieser Untersuchungen in wissenschaftlicher Beziehung auch blieben, so bestätigten sie wenigstens Lorgna's Versicherung, dass theoretische Speculationen zu nichts führen können, so lange man gezwungen ist, immer von unbegründeten und ganz willkürlichen Voraussetzungen auszugehen: man müsse erst durch Beobachtungen das wahre Sachverhältniss aufklären. Bei der spätern Behandlung desselben Gegenstandes hat man diesen Weg in der That gewählt, und wie wenig auch die bis dahin aufgefundenen Gesetze über die Bewegung des Wassers in den Betten als vollständig und selbst als sicher angesehen werden können, so gewähren sie doch einigen Anhalt und stehen wenigstens nicht in directem Widerspruche mit den Erfahrungen.

Bei jenen älteren Untersuchungen kam es vielfach darauf an, die Wassermenge der Ströme kennen zu lernen. Hierzu war es nöthig, die Geschwindigkeiten zu ermitteln, und ein grosser Theil der oben (§. 62) beschriebenen Instrumente wurde bei dieser Gelegenheit erfunden. Insofern dieselben indessen zum Theil nur an der Oberfläche benutzt werden konnten, und andererseits solche Messungen sehr mühsam und zeitraubend ausfallen, wenn man an jedem Profile an einer grossen Anzahl von Punkten die Geschwindigkeit bestimmen will, so lag die Frage sehr nahe, ob die Geschwindigkeit durchweg dieselbe sei, oder nach welchem Gesetze sie von der Tiefe abhängt. Vielfache Hypothesen wurden hierüber gemacht, deren Anzahl bis auf die neueste Zeit immer durch andere vermehrt ist.

Castelli hat sich durch Versuche davon überzeugt, dass der Ausfluss des Wassers aus Gefässen die Geschwindigkeit der Bewegung Potenz der Druckhöhe proportional sei. Offenbar beruhte das Resultat auf einem Irrthume, derselbe wurde aber dadurch vergrössert, dass Castelli den Unterschied zwischen dem Abfluss des Wassers aus einem Gefässe, und der Bewegung

IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

den Ströme ganz unbeachtet liess, und dieses Gesetz unmittelbar von letztem Fall anwandte. Man kann ohne Zweifel die richtig angenommenen Querschnitt im Ströme als Seiten eines Gefässes ansehen, aber das Wasser strömt durch die Röhren in dieser imaginären Seitenwand nicht mehr frei, sondern es tritt in das nächst unterhalb befindliche Wasser, erfährt von diesem einen Gegendruck, der für die tiefer liegenden Wasserschichten in derselben Art zunimmt, wie der Druck in stromaufwärts gekehrten Seite der Wand grösser wird. Die Pressen beider ist sonach constant, oder von der Tiefe unabhängig, und sie bedingt allein denjenigen Druck, der Beschleunigung verursachen kann.

Der zuletzt erwähnte Irrthum wurde lange Zeit hindurch bemerkt und auf die nächsten Theorien übertragen. Nach Torricelli gefunden hatte, dass die Geschwindigkeit des aus einem Gefäss ausfliessenden Wassers eben so gross sei, als wenn es von dem Wasserspiegel bis zur Ausflussöffnung frei herabgefallen wäre, oder dass die Geschwindigkeit des Strahles der Quadratwurzel aus der Druckhöhe proportional sei; so übertrug Galvani dieses Gesetz unmittelbar auf die Bewegung des Wassers in Strömen, und nahm hiernach an, dass die Geschwindigkeit des Wassers von der Quelle des Stromes bis zu seiner Mündung und an jeder einzelnen Stelle wieder von dem Wasserspiegel zum Boden im Verhältnisse der Wurzel aus der ganzen Fallhöhe zunehme.

Dass der erste Theil dieser Voraussetzung unrichtig war, musste schon der Augenschein an jedem Flusse zeigen: Galvani meinte daher, dass der Satz nur in Bezug auf die Zunahme der Geschwindigkeit von der Oberfläche bis zur Sohle des Stromes an jeder Stelle Anwendung finden könne, indem die fortwährende Vergrösserung der Geschwindigkeit, welche dem ganzen Strom zukommt, durch vielfache Hindernisse aufgehoben werde. Hier müssten an jeder beliebigen Stelle eines Stroms die Geschwindigkeiten in verschiedenen Tiefen sich wie die Quadratwurzeln aus diesen Tiefen verhalten, oder indem durch dieselbe Bedingung die Ordinaten einer Parabel gegeben werden, so sollten die Geschwindigkeiten, wenn man sie in der Richtung der Stromes aufgetragen denkt, durch eine Parabel begrenzt werden. In der

nennt man eine solche graphische Darstellung der verschiedenen unter einander vorkommenden Geschwindigkeiten eine Geschwindigkeits-Scale.

Nach dieser Ansicht müsste die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche gleich Null sein, was offenbar unrichtig war. Man legte daher den Scheitel der Parabel in eine etwas grössere Höhe, und zwar soweit über den Wasserspiegel, dass die in den verschiedenen Tiefen fallende Ordinate der hier gemessenen Geschwindigkeit gleich der Fallhöhe war. Insofern man hierbei von den Beobachtungen über den Ausfluss des Wassers aus Gefässen ausging, so war die Formel für alle Fälle gegeben, nämlich ihr Parameter musste $v = 4 \cdot g$ sein, und alle Geschwindigkeiten waren darnach zu berechnen, sobald man nur die Höhe des Scheitelpunktes kannte. Letztere liess sich aber nach Grandi's Voraussetzung leicht finden.

Zendrini versuchte es zuerst, aus den Beobachtungen die Form der Geschwindigkeits-Curve herzuleiten: und bediente sich des Strom-Quadranten. Dieses Instrument gab aber für verschiedene Tiefen wegen der stärkern Biegung des Fadens, wie oben erwähnt worden, eine zu grosse Geschwindigkeit an. Das Resultat der Untersuchung war daher mit allen frühern Hypothesen insofern übereinstimmend, dass eine Zunahme der Geschwindigkeit für grössere Tiefen dadurch bestätigt wurde. Das Gesetz stellte sich indessen nicht so einfach dar, und Zendrini bestätigte dasselbe nach spätern Messungen wieder ab, so dass es nicht als ganz sicher angesehen, theils aber auch deshalb angenommen wurde, weil die Anwendung desselben zu ungenau war.

Grandi's Annahme fand dagegen längere Zeit hindurch vollen Beifall. Frisi, der die verschiedenen vorerwähnten Theorien prüft und seine Ansichten darüber ausspricht, erklärt sich zuletzt mit Grandi ganz einverstanden, wiewohl er selbst den Zweifel andeutet, dass es nicht recht erklärlich sei, wie bei einer geringen Geschwindigkeit in der Oberfläche die Strömung in den untern Schichten, besonders bei grosser Tiefe, noch immer stark bleiben könne, und sogar ohne allmähliche Verminderung einem Male ganz aufhören solle, sobald die nach und nach verminderte Geschwindigkeit in der Oberfläche gleich Null wird.

282 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

Es muss hierbei noch erwähnt werden, dass die von Grandi ausgesetzte Zunahme der Geschwindigkeiten für grössere Tiefen, welche durch die Messungen mit dem Stromquadranten sich nicht gehörig bestätigen, bei Anwendung eines andern Instruments eine sehr auffallende Bestätigung fanden. Ich habe dieses Instrument früher nicht erwähnt, weil es zur Ermittlung der Geschwindigkeiten, womit das Wasser in dem Strome sich bewegt, ganz unbrauchbar ist und man nur in der Kindheit der Hydrotechnik den Einfall haben konnte, damit Geschwindigkeitsmessungen anzustellen. In der Geschichte der Wissenschaft ist es aber gerade wegen dieses Irrthums von Wichtigkeit, woher ich die Vorrichtung hier kurz beschreiben will. Es rührt von Nadi her, und wird die Nadische Flasche genannt. Es besteht aus einem Kasten von Blech, der an einer Seite mit einer Oeffnung versehen ist, durch welche das Wasser einströmt. Man kann diese Oeffnung durch Anziehen eines Drahtes willkürlich schliessen und frei machen, wenn auch der Kasten bis zu ansehnlicher Tiefe versenkt ist. Eine Röhre, die oben offen und unten mit dem Kasten verbunden ist, ist an der Decke desselben befestigt: sie dient theils zum Herablassen des Kastens, und ist von aussen mit einer Eintheilung in Fusse versehen, damit man daran die Tiefe der Einsenkung ablesen kann, andertheils hat sie aber auch den Zweck, die Luft herauszulassen, welche sonst das Einströmen des Wassers hindern würde. Der Gebrauch dieses Instruments ist folgender: man lässt es in diejenige Tiefe hernab, wo man die Geschwindigkeit messen will, und richtet es so, dass die Einflussöffnung, Anfangs geschlossen bleibt, dem Strome gerade entgegengekehrt ist. Sodann schiebt man mittelst des erwähnten Drahtes das Ventil von der Oeffnung fort und lässt während einer gewissen Zeit das Wasser einströmen. Diese Wassermenge wird alsdann durch Nachwiegen gemessen, und indem man die Grösse der Einflussöffnung kennt, so lässt sich die Geschwindigkeit leicht finden, mit welcher das Wasser einströmte. Eine ganz unstatthafte Voraussetzung war es aber, dass diese Geschwindigkeit dieselbe sei, mit der das Wasser im Strome bewegt. Man hatte durch diesen Apparat offenbar denselben Fall dargestellt, als wenn das Wasser durch eine Oeffnung in der Seitenwand eines Gefässes ausströmte, die Resultate mussten daher in beiden Fällen übereinstimmen. Die

Richtigkeit der Schlussfolge auf die Bewegung des Wassers im
 Fluß wurde auch sogleich angefochten, und der Versuch, das
 Instrument in stehendes Wasser, oder bei strömendem Wasser
 entgegengegesetzter Richtung einzutauchen, so dass die Oeffnung
 nachwärts gekehrt war, zeigte bald durch die Uebereinstimmung
 der Resultate in diesen verschiedenen Fällen, dass die Geschwindigkeit
 der Strömung im Flusse ganz ohne wahrnehmbaren Einfluss sei.
 Mariotte wies im Anfange des vergangenen Jahrhunderts
 durch seine Beobachtungen nach, dass die Geschwindigkeit weit entfernt
 von grösserer Tiefe zuzunehmen, sich im Gegentheile von der Ober-
 fläche nach der Sohle des Strombettes vermindere. Er kam zu
 dem Resultate, welches durch alle spätern Messungen bestätigt
 worden ist, indem er zwei Wachskugeln in ähnlicher Weise, wie
 Fig. 73 b zeigt, mit einander verbund und sie zusammen in einem
 Wasser von 3 Fuss Tiefe treiben liess. In die untere Wachskugel
 war ein Steinchen eingedrückt, welches ein hinreichendes Gewicht
 hatte, um diese Kugel zum Sinken zu bringen: sie wurde in-
 dem durch die andere Kugel gehalten, mit der sie mittelst eines
 Fadens von 1 Fuss Länge verbunden war. Der Bach, welcher
 eine 3 Fuss Tiefe hatte, war so klar, dass man auch die untere
 Kugel noch deutlich sehen konnte, und es zeigte sich hierbei,
 dass die untere in den regelmässigen Strecken immer zurückblieb,
 während die obere ihr am meisten vorancilte, sobald Gras oder andere
 hervorragende Gegenstände den Widerstand am Boden vermehrten.
 In dem Falle, wenn eine plötzliche Verengung des Bettes
 von der Seite eintrat und man ein Anschwellen der Oberfläche
 wahrnehmen konnte, wie dieses bei engen Brücken der Fall war,
 blieb die obere Kugel zurück und die untere eilte derselben
 nach. Ueber diese letzte auffallende Erscheinung, die nach andern
 Beobachtungen sich viel allgemeiner zeigt, soll später die Rede
 seyn. Nachdem auf solche Weise ein ganz anderes Sachverhältnisse
 erwiesen war, als man früher erwartet und wahrzunehmen
 glaubt hatte, konnte die Hypothese der Zunahme des Drucks
 mit grösserer Tiefe nicht länger als richtig gelten. Man sah es
 deutlich ein, dass der Druck, welchen ein Querschnitt des Stromes
 auf den nächst unterhalb liegenden ausübt, in allen Tiefen

*) Mariotte traité du mouvement des eaux. Partie II. Discours 3.

284 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

gleich gross sein müsse. Wenn aber eine verminderte Wirkung dieses Drucks, oder eine geringere Geschwindigkeit in der Tiefe eintrat, so liess sich der Grund davon nur in der Einwirkung des Bettes suchen, wie dieses auch Mariotte schon voraussetzte.

Pitot stellte mit seiner Röhre gleichfalls Geschwindigkeitsmessungen in verschiedener Tiefe an, und kam dabei zu denselben Resultate, dass nämlich dicht unter der Oberfläche (in der Oberfläche selbst gestattete dieses Instrument keine Messung) die Geschwindigkeit am grössten sei und von hier nach der Tiefe stetig abnehme. Auch unter Brücken fand Pitot dieses Gesetz noch gültig: er konnte keine Abnahme der Geschwindigkeit an der Oberfläche bemerken, wie solche Mariotte beobachtet hatte.

Als Dubuat seine wichtigen Beobachtungen über die Bewegung des Wassers anstellte und daraus die Grundsätze der Hydraulik herzuleiten versuchte, war es bereits eine ausgemachte Thatsache, dass in einer offenen Wasserleitung oder in einem Strom die Geschwindigkeit in der Oberfläche selbst, oder dicht unter derselben am grössten, und unmittelbar über der Sohle am kleinsten sei. Dubuat ging davon aus, dass die mittlere Geschwindigkeit oder das arithmetische Mittel aus allen verschiedenen, über einer liegenden Geschwindigkeiten, bei der ununterbrochenen Abnahme derselben, an irgend einer Stelle wirklich vorkommen müsse, er stellte sich die Aufgabe, die Tiefe, in welcher die mittlere Geschwindigkeit jeder einzelnen Perpendiculäre liegt, zu finden oder vielmehr für ein gegebenes ganzes Profil die Lage des Punktes zu ermitteln, wo die mittlere Geschwindigkeit wirklich vorkommt. Eine sichere Beantwortung dieser Fragen würde ohne Zweifel den Strombau sehr wichtig sein, weil dadurch die Wasserkraft des Stroms durch eine einzige Geschwindigkeitsmessung sich finden liesse. Eine allgemein gültige und einfache Regel zur Auffindung dieses Punktes ist indessen nach dem, was oben über die wirklich vorkommenden verschiedenartigen Strömungen gesagt ist, durchaus nicht zu erwarten, und Dubuat gelangte auch zu keinem Resultate. Dagegen glaubte er eine gewisse Beziehung zwischen der Geschwindigkeit in der Oberfläche zu der mittleren und zu der am Boden aufgefundenen zu haben *), welche von der Ausdehnung

*) *Principes d'Hydraulique* I. §. 65 und 66.

Nettes und vom Gefälle ganz unabhängig sei, so dass unter Umständen zu gleichen Geschwindigkeiten in der Oberfläche gleiche mittlere und gleiche Geschwindigkeiten am Boden sein. Diese Beziehung giebt Dubuat in folgender Art an. u die Geschwindigkeit in der Oberfläche, u' die am Boden, v die mittlere bezeichnet, so ist, wenn alle diese Grössen in Wasser Zollen ausgedrückt werden

$$\begin{aligned} \sqrt{u'} &= \sqrt{u} - 1 \\ \text{oder } u' &= (\sqrt{u} - 1)^2 \\ \text{und } v &= \frac{1}{2}(u + u') \\ &= u - \sqrt{u} + \frac{1}{2} \end{aligned}$$

Das Resultat ergab sich aus acht und dreissig vollständigen Beobachtungen, die an kleinen künstlichen Canälen von 2 bis 9 Zoll Tiefe angestellt waren *). Dabei wurden die Geschwindigkeiten an der Oberfläche durch kleine Stückchen Holz, und die am Boden Anfangs durch Kügelchen aus Mastix gemessen; da diese aber nicht recht rund zu sein schienen und wegen ihrer dunkeln Farbe in der Tiefe von etwa 9 Zoll sich auch nicht mehr deutlich wahrnehmen liessen, so benutzte Dubuat in den letztern Versuchen statt ihrer rothe Johannisbeeren, die er sehr brauchbar diesem Zwecke fand. Endlich bestimmte er die mittlere Geschwindigkeit, indem er die in jeder Secunde abfliessende Wassermenge durch den Querschnitt des Canals dividirte.

Woltman erklärt sich gegen die von Dubuat aufgestellte Hypothese, weil sie nur aus einigen Beobachtungen abgeleitet sei und einer wissenschaftlichen Begründung entbehre, ausserdem behauptet er, dass die Strömung sich jederzeit bis zur Sohle des Canals fortsetze, und meint dagegen, dass sie bei grossen Strömungen in einer gewissen Tiefe aufhöre **). Dagegen hatte Woltman früher, ehe er die Hauptsätze aus dem Dubuatschen Werke der deutschen Baumeister bekannt machte und dieselben zugleich einer gründlichen Kritik unterwarf, selbst eine andere Hypothese über die Abnahme der Geschwindigkeiten ausgesprochen ***). Aus

*) *Principes d'Hydraulique* II. §. 384 — 389.

**) Beiträge zur hydraulischen Architectur, I. Band. Seite 174.

*) Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels. Hamb. 1790.

286 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

elf Beobachtungsreihen, die Brünings im Niederrhein, und eine Beobachtungsreihe, die Ximenes im Arno angestellt hatte, zog den Schluss, dass die Abnahme der Geschwindigkeiten nicht eine gerade Linie, sondern eine krumme sei, und dass „analoge Gründe die jedoch nicht näher bezeichnet werden, vermuthen lassen, dass die Curve eine Parabel sei, deren Achse vertical und deren Scheitel in derjenigen Tiefe unter dem Wasserspiegel liege, wo die Geschwindigkeit ganz aufhöre. Diese Annahme wird mit den erwähnten Beobachtungen verglichen, wobei sich indessen keine sonderliche Uebereinstimmung zu erkennen giebt. Die Abweichung zwischen den beobachteten und berechneten Geschwindigkeiten streicht sich sogar grösser dar, als der Unterschied zwischen der Parabel und der geraden Linie. Der Scheitel der Parabel liegt aber 130–180 Parameter unter dem Wasserspiegel, wodurch die Krümmung der Linie sehr geringfügig ausfällt und man dieselbe wohl ohne Nachtheil als gerade Linie ansehen dürfte. Eine am Schluss angegebene Berechnung derjenigen Tiefe, bis zu welcher nach der aufgestellten Hypothese eine Strömung von 12 Fuss Geschwindigkeit in der Oberfläche sich erstrecken würde, lässt vermuthen, dass Woltman der Ansicht war, es sei der Parameter und somit die Parabel für alle Ströme dieselbe. Es ist indessen die ganze Hypothese nur als eine sehr unsichere Vermuthung mitzutheilen, und der Verfasser sagt selbst, dass sie noch fernerer Bestätigung bedürfe: eine Vergleichung mit andern Beobachtungen und Erfahrungen wäre demnach nur in dem Falle statthaft, wenn die Hypothese sich dabei bestätigen sollte, was wohl nicht geschehen ist.

Eytelwein empfiehlt, gewiss mit Recht, kein compluriges Gesetz über die Abnahme der Geschwindigkeit aufzusuchen, so lang man nicht die Ursache der vielfachen Abweichungen, welche die Beobachtungen zeigen, genauer kennt. Er schlägt daher vor, die Geschwindigkeits-Scale als eine gerade Linie anzusehn, und fand durch Vergleichung verschiedener Messungen^{*)}, dass die Geschwindigkeit durchschnittlich bei 1 Fuss Tiefe um 0,005 u abnimmt, wo u wieder die Geschwindigkeit in der Oberfläche bedeutet.

^{*)} Dubuat's Grundlehren der Hydraulik, übersetzt von Koppelt mit Zusätzen von Eytelwein. Berlin 1801. Seite 125 und Eytelwein's Handbuch der Mechanik und Hydraulik. Berlin 1801. Seite 198.

also h die ganze Tiefe der Section und zwar in Preussischen Fussmaasse bezeichnet, so ist die mittlere Geschwindigkeit

$$v = 0,004 \cdot h u.$$

Allgemeine Gültigkeit darf man von diesem Ausdrucke schon nicht erwarten, als er bei sehr grossen Tiefen offenbar unpassenden Resultaten führt: für die Tiefe von 125 Fuss nämlich die Geschwindigkeit jedesmal gleich Null, und für grössere Tiefen sogar negativ werden. Dieser Umstand ist eben ziemlich gleichgültig, da solche Tiefen in den Strömen nicht vorkommen, oder wo sie vielleicht stellenweise vorhanden, immer die Veranlassung fehlen wird, gerade dort die Wassergeschwindigkeit des Stromes bestimmen zu wollen. Ausserdem darf man einem Ausdrucke, der nur als Näherungswerth aus einzelnen Beobachtungen hergeleitet ist, nicht erwarten, dass er in allen Fällen, und auch in solchen, die von den zum Grunde gelegten Beobachtungen wesentlich verschieden sind, noch brauchbare Resultate geben werde.

Prony *) macht darauf aufmerksam, dass das von Dubuat aufgestellte Gesetz über die Abnahme der Geschwindigkeit augenblicklich zu unrichtigen Resultaten führe, sobald die Strömung schwach wird. Wenn nämlich die Geschwindigkeit an der Oberfläche 1 Zoll beträgt, so ist dieselbe am Boden gleich Null; 1 Zoll sind beide einander gleich, wenn die erstere aber noch schwächer wird und endlich ganz aufhört, so vergrössert sich die Geschwindigkeit wieder und erreicht endlich den Werth von 1 Zoll. Prony bemerkt ferner, dass es nicht leicht darauf ankomme, die Geschwindigkeit in einer gewissen Tiefe zu bestimmen, und dass es sich mehr immer nur um die Auffindung der mittleren Geschwindigkeit handle. Zu diesem Zwecke wird für die letztere der Ausdruck

$$v = \frac{u + a}{u + b} u$$

vorgeschlagen, und nach den von Dubuat angestellten Beobachtungen werden die Werthe von a und b ermittelt. Es ergiebt bei Anwendung des Metermaasses $a = 2,372$ und $b = 3,153$. Durch Anwendung dieser Berechnungsart stellen sich die zum Grunde

*) *Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes*, par R. Prony. Paris 1804. Seite 73 ff.

288 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

gelegten Beobachtungen noch besser dar, als nach der von De
angegebenen Methode. Indem aber die Geschwindigkeiten an
Oberfläche oder die Werthe von u in diesen Beobachtungen
kleiner als a und b bleiben, so ist der zweite Factor der
drucks ziemlich nahe constant, und dieser Umstand veran-
Prony, den Versuch zu machen, die Form

$$v = \alpha u$$

einzuführen. Es ergab sich alsdann $\alpha = 0,816$ und auch
durch wurde noch eine grössere Annäherung, als nach dem De
schen Ausdrucke erreicht. Für diese letzte Formel ist die
des Maasses ganz gleichgültig: ich versuchte dieselben auf an
an grössern Strömen angestellte Beobachtungen anzuwenden.
zeigte sich indessen keine genügende Uebereinstimmung, auch
sich überhaupt kein constantes Verhältniss zwischen der
Geschwindigkeit und der mittleren zu erkennen.

Endlich ist die von Funk aufgestellte Theorie*) zu erwä-
wonach die Geschwindigkeits-Scale eine logarithmische Linie

*) Darstellung der wichtigsten Lehren der Hydrotechnik von
Berlin 1820. Seite 33 ff. — Bei fluchtiger Untersuchung scheint
Buch sehr wissenschaftlich und gründlich und für den Strombau
wichtig zu sein: eine grosse Anzahl von Beobachtungen wird
mitgetheilt, die Berechnung und Vergleichung derselben erfol-
einem Aufwande von mathematischen Formeln, und die Resultate
der Verfasser als ganz sichere und sehr wichtige neue Entdeck-
dar. Das Durchlesen des Buches ist mit vielen Schwierigkeiten
bunden. Man bemüht sich vergebens, dem Ideengange des Ver-
zu folgen und den Sinn oder Zweck der complicirten Rechnungen
zufinden. Nur ein mühsames Studium, das ohne Zweifel viel
raubender ist, als die Zusammenstellung und Abfassung des Buches
führt zu der Ueberzeugung, dass es ganz gehaltlos ist und in un-
brochener Folge nur Fehlschlüsse, Irrthümer und selbst Rechnungen
enthalt. — Wenn man solche Untersuchungen Theorien nennt,
darf man sich nicht wundern, dass diese in Misscredit gekommen
aber gegen ähnliche Verirrungen gewährt ein vernünftiges Sta-
der Mathematik den sichersten Schutz, und giebt zugleich die
an die Hand, den wahren Werth solcher Speculationen zu erken-
Die Kunst des Mathematikers besteht nicht in Formen und For-
sondern in der klaren Auffassung der Verhältnisse. Der grösste Ma-
matiker ist derjenige, der den Gesichtspunkt richtig zu wählen ver-
wodurch die Rechnungen vereinfacht werden. In der angewand-

nahme soll nach der Meinung des Verfassers „aufs Beste“ der Erfahrung entsprechen. Bei allen Beobachtungen, die er aber verglichen hat, oder die er dem Leser zur Berechnung und Vergleichen mittheilt, fällt die logarithmische so nahe mit der geraden zusammen, dass der Unterschied zwischen beiden kaum dem fünfzigsten Theile derjenigen gleichkommt, welche zwischen der logarithmischen Linie und den Beobachtungen noch bleibt. Auch wenn nun die Rechnung des Verfassers corrigirt und den möglichst besten darzustellen sich bemüht, zeigt sich keine Ueberein-

ergiebt sich aus dem Vorstehenden, dass das Gesetz, die Geschwindigkeit bei grösserer Tiefe sich vermindert, bereits bereits aufgefunden ist: die angestellten Messungen zeigen im Gegentheil unter sich so wesentliche Abweichungen, dass man entweder die Voraussetzung machen muss, das Gesetz sei viel complicirter, als irgend eine der Theorien, oder man muss den Grund der Abweichungen selbst suchen. Das Letzte scheint in der That zu sein: doch darf man deshalb die angestellten Messungen nicht als fehlerhaft ansehen, vielmehr ist es wohl anzunehmen, dass sie die Geschwindigkeit für die Dauer der Beobachtung richtig angegeben haben. Aber diese Geschwindigkeit ist constant, sie ändert sich in kürzern oder längern Perioden, kann es sich leicht treffen, dass man bei den Messungen an denselben Tiefen derselben Verticalen an einem Punkte gerade das Minimum der daselbst vorkommenden Geschwindigkeiten und dann wieder das Maximum beobachtet hat, wodurch der Zusammenhang zwischen den gefundenen Resultaten verloren worden muss. Von dem Vorhandensein solcher Schwankungen im strömenden Wasser überzeugt man sich leicht, wenn man eine Zeit hindurch die Strömung an einer Stelle aufmerksam

beobachtet, also beim Aufsuchen der Resultate aus Beobachtungen die Benutzung derselben in ähnlichen Fällen, fehlt die absolute Sicherheit. Es ist also dann nothwendig, bei jedem Schritte die Sicherheit der Resultate zu prüfen, wozu wieder die Wahrscheinlichkeitsrechnung die Mittel darbietet. — Von allem Diesem findet sich in den Werken keine Spur.

290 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

betrachtet. Es zeigen sich an der Oberfläche abwechselnd verschiedene Bewegungen: das Aufwallen wechselt mit Bildung von Wirbeln, und die Richtung, in welcher stehend das Wasser fliesst, ist einer fortwährenden Aenderung unterworfen. Dabei senkt und hebt sich der Wasserspiegel ununterbrochen am Ufer, und häufig giebt sich sogar die veränderte Strömung durch das abwechselndes Rauschen dem Ohre merklich zu erkennen. Bei wiederholte Geschwindigkeitsmessungen, die man an denselben Punkte unmittelbar nach einander anstellt, überzeugt man sich leicht, dass die Abweichungen in den Resultaten weit stärker sind, als dass sie für Beobachtungsfehler angesehen werden könnten. Das Wasser bewegt sich daher nicht nur an den verschiedenen Stellen desselben Profils verschiedenartig, sondern die Schwankungen oder Wellen, die sich darin bilden, bringen an derselben Stelle abwechselnd sehr merklich verschiedene Strömungen hervor. Solche Wellenbewegungen können sich indessen nur in grossen Wassermassen gehörig ausbilden, und namentlich erfordern eine bedeutende Wassertiefe. Wo die Einwirkung des Bettes oder der Ufer, welche keiner Veränderung unterworfen ist, sich überwiegen, zeigt, da verschwinden jene Schwankungen und kann sie aus diesem Grunde in kleinen Bächen gar nicht, in kleineren Flüssen nur wenig bemerken. Zur Ermittlung der Beziehung, welche zwischen der Geschwindigkeit an der Oberfläche und in einer gewissen Tiefe darunter stattfindet, würden nach Erachtens vorzugsweise die Messungen mit schwimmenden Körpern dienlich sein, wobei wegen des grösseren durchlaufenen Weges schon eine gewisse Ausgleichung der localen Schwankungen eintreten und zugleich die temporären Ungleichmässigkeiten ihren Einfluss verlieren müssen. So lange indessen diese Ungleichmässigkeit nicht aus den Beobachtungen entfernt wird, so kann man sich gewiss vergebens, ein allgemein gültiges Gesetz aufzufinden.

Bei Aufstellung der vorstehend erwähnten Theorien war häufig von der Absicht ausgegangen, die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit an der Oberfläche und der mittlern Geschwindigkeit anzugeben, und die letztere und sonach die Wassermenge der ganzen Section aus der ersten berechnen zu können. Der Nutzen dieser Untersuchung, wenn sie zu einem sichern Resultate führte, würde ohne Zweifel sehr gross sein und die Bestim-

Wassermenge ausserordentlich erleichtern. Es tritt indessen dabei noch eine besondere Schwierigkeit ein, die näher beschrieben werden muss. Die meisten Beobachtungsreihen ergeben nämlich, dass die Geschwindigkeiten, wenn sie im Allgemeinen auch von oben nach unten abnehmen, doch nicht in der Oberfläche selbst grössten sind, sondern in einer gewissen Tiefe darunter, nämlich bei 1 Fuss, das Maximum sich vorfindet. Bei Messungen mit dem kleinen Woltmanschen Flügel, den ich oben beschrieben habe, habe ich mich wiederholentlich davon überzeugt, dass die Geschwindigkeit etwa in 6 Zoll Tiefe geringer war, als in der Tiefe von 1 Fuss. Diese Messungen wurden indess auf dem Nachen angestellt, der ohne Zweifel in ähnlicher Weise, als das Flussbett selbst, oder wie das Ufer die Bewegung des Wassers hinderte und möglicher Weise gerade auf die obersten Wasserschichten den stärksten Einfluss ausübte. Derselbe Fall ist wahrscheinlich auch bei den meisten andern Beobachtungen gekommen, und wenn dieses allein der Grund von der Verzerrung des Wassers in der Oberfläche wäre, so könnte man sich demselben leicht entziehen, indem man die Geschwindigkeit daselbst durch die schwimmende Kugel ermittelt. Es kommen jedoch manche Erscheinungen vor, welche sich auf diese Art nicht erklären lassen: ich habe an mehreren Bächen, wo eine beträchtliche Wassertiefe stattfand, um die verschiedene Geschwindigkeit bemerken zu lassen, mich davon überzeugt, dass ohne irgend eine äussere Hemmung in der Oberfläche die Bewegung minder lebhaft, als in einiger Tiefe ist. In dem sogenannten Graben, der die Wasserleitungen in Königsberg speist, und den ich schon oben (Theil I. Seite 235) erwähnte, habe ich öfters diese Erscheinung wahrgenommen. Der Graben fliesst theilweis durch Waldungen, es fällt daher eine Menge Laub hinein, und wenn die Blätter einige Zeit im Wasser gelegen haben, ist ihr specifisches Gewicht dem des Wassers beinahe gleich, dass sie nach Umständen bald oben, bald unten und häufig lange Strecken in einer mittlern Tiefe schwimmen, wobei sie mittelbar für diese Tiefen die Geschwindigkeiten bezeichnen. Man es sich nun traf, dass ein frisch herabgefallenes Blatt oben schwamm, oder auch ein schon getränktes Blatt, das aber noch die Oberfläche berührte, gleichzeitig mit einem andern Blatte herab-

292 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

trieb, welches etwas unter der Oberfläche sich hielt, so eilte letztere jedesmal dem ersteren stark voraus. Es zeigte sich auch hier die Verzögerung der obersten Wasserschicht, obgleich die Ufer wegen der Dossirung den geringsten Einfluss auf die Schicht voraussetzen liessen. Die Erscheinung war auch durch die Einwirkung des Windes zu erklären, indem die schützende Lage des Grabens den Wind abhielt: ich habe aber bei schwachem Winde gerade in der Richtung der Strömung, also die Geschwindigkeit des oben schwimmenden Körpers etwas vergrössert werden musste, genau dasselbe wahrgenommen.

In einem kleinen Canal mit gläsernen Seitenwänden, in welchem ich Wasser langsam fliessen liess, zeigte sich gleichfalls die Verzögerung der Bewegung in der Oberfläche. Wenn man einen Pinsel, der mit recht dicker Tusche gefüllt ist, mit der Oberfläche des Wassers auf einen Augenblick in Berührung bringt, so löst die Tusche, die sich sogleich ablöst, vermöge ihres grösseren specifischen Gewichtes nach und nach in einem ziemlich markirten Streifen herab, und indem derselbe an allen Bewegungen des Wassers Theil nimmt, so kann man diese durch die Richtung des Streifen sehr sicher erkennen, doch muss die Bewegung des Wassers nicht sehr stark sein, weil sich sonst die Tusche so zertheilt, dass man sie nicht weiter verfolgen kann. Senkte man den gefüllten Pinsel auf das im erwähnten Canale fliessende Wasser, so gab der herabsinkende Streifen wieder sehr deutlich die Verzögerung der Oberfläche zu erkennen: bis zur Tiefe von einigen Linien zog er sich schräge nach der Richtung der Strömung, ein Beweis, dass hier die Geschwindigkeit grösser war, als dann nahm er aber ohne weitere Unterbrechung eine entgegengesetzte Richtung an und gab dadurch die Abnahme der Geschwindigkeit für grössere Tiefen zu erkennen.

Fragt man nach der Ursache dieser Erscheinung, so findet dieselbe meines Brachtens darin zu suchen, dass die Oberfläche des Wassers ein ganz anderer Körper, als das Wasser selbst ist, wie dieses schon von Rumford als sehr wahrscheinlich bezeichnet worden ist. Will man den Begriff der Flüssigkeit feststellen, so ist es am natürlichsten anzunehmen, dass die einzelnen Theile der Masse nicht unmittelbar auf einander liegen, sondern vielmehr durch gegenseitige Anziehung und Abstossung schwach

erhalten. Dieser Zustand ist aber nur da denkbar, wo die Theilchen von andern rings umgeben sind, und sie also von allen Seiten aus eine gleiche Einwirkung erfahren. In der Oberfläche hört diese Art von Gleichgewicht auf: dasselbe muss also auf andere Weise wieder hergestellt werden, und wahrscheinlich tritt daselbst eine grössere Annäherung der Theilchen gegen einander ein. Die Oberfläche verliert sonach die Eigenschaft des flüssigen Körpers ganz oder wenigstens in gewissem Grade. Diese Voraussetzung steht mit vielen Erscheinungen im Einklange, und genügt zur Erklärung der Verzögerung der Wasseroberfläche bei kleinen Canälen und Gräben, die bei geringer Breite eine mässige Strömung zeigen. Man darf indessen hiernach nicht erwarten, dass bei einem grossen und schnell fliessenden Strome von den Ufern aus noch eine Verzögerung der Oberfläche veranlasst werden sollte. Wenn man also die obere Geschwindigkeit mittelst schwimmender Kugeln misst, so wird man wahrscheinlich sie nie kleiner finden, als in irgend einer Tiefe darunter.

§. 65.

Gleichförmige Bewegung.

Eine gleichförmige Bewegung des Wassers stellt sich in einem Strome oder in einer künstlichen Leitung an denjenigen Stellen ein, wo das Bette eine constante Breite und Tiefe hat. Der letzte Umstand setzt voraus, dass das Bette dem Wasserspiegel parallel geneigt ist: in einem Canale mit horizontalem Boden wird sich daher bei gleicher Weite desselben eine gleichförmige Bewegung in aller Schärfe nicht darstellen können. Eben so wenig wird dasselbe in einem Strome eintreten, wenn die auf einander folgenden Profile einen verschiedenen Flächeninhalt haben, denn die Bedingung, dass die mittlere Geschwindigkeit bei gleicher Wassermenge gleich bleiben soll, kann nur dadurch erfüllt werden, dass die Profile dem Flächeninhalte nach unter sich übereinstimmen. Für diesen Fall hat man verschiedentlich versucht, die Beziehung zwischen dem Gefälle und der Geschwindigkeit, mit Rücksicht auf einige andere dabei in Betracht kommende Umstände, aufzufinden: die Sicherheit der Untersuchung wird aber in hohem Grade beeinträchtigt, wenn man die Form der Profile ganz unbeachtet lässt,

294 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

oder nur die mittlere Geschwindigkeit betrachtet, ohne die Rücksicht zu nehmen, ob dieselbe vielleicht sich stellenweise sehr verschiedenen, wohl gar zum Theil aus negativen, das heisst stromaufwärts gerichteten, Geschwindigkeiten zusammensetzt. Die Verhältnisse werden alsdann, wie schon oben bemerkt, so complicirt, dass man die Gesetze der Bewegung nicht mehr in einen einfachen Ausdruck darzustellen hoffen kann. Die Untersuchung über die gleichförmige Bewegung findet daher nur solche Stromstrecken Anwendung, die nicht allein gleich groß sondern auch gleichgeformte Profile haben. Man übersieht sich aber leicht, dass geringe Abweichungen keinen wesentlichen Einfluss haben können. Indem man nämlich die mittleren Geschwindigkeiten überhaupt nur bis auf einige Procente genau mitteln kann, so darf man Differenzen zwischen den Profilen innerhalb dieser Grenze auch unbeachtet lassen. Diese Annahme ist nothwendig, wenn man die folgenden Sätze benutzen will.

Der erste Versuch zur Aufindung des Gesetzes, wonach die Geschwindigkeit vom Gefälle und Profile eines Stroms abhängt, rührt, so viel mir bekannt, von Brahm's her. Dieser Versuch fällt aber schon so vollständig aus, dass Alles, was man heute Tage hierüber weiss, ungefähr darin enthalten ist. Brahm's (an *), dass die fortwährende Beschleunigung, welche man nach den Gesetzen der Mechanik erwarten sollte, bei den Strömen der Wirklichkeit nicht vorkommt, und dass das Wasser vielmehr eine constante Geschwindigkeit in denselben annimmt. Er bezeichnet ferner die Reibung an den Seitenwänden und auf dem Boden des Bettes als diejenige Kraft, welche der Beschleunigung entgegen wirkt, und sagt, dass sie dem Flächeninhalte des Querschnitts dividirt durch den Umfang desselben längs dem Strom proportional sein müsse. Später **) theilt Brahm's zwei Geschwindigkeitsmessungen mit. In einem Strome von 10 Fuss Tiefe auf die deutsche Meile 4 Zoll Fall hatte, betrug die Geschwin-

*) Anfangsgründe der Deich- und Wasserbaukunst von A. Brahm. Aurich. I. Theil (ohne Jahreszahl, die Kupfer sind mit der Jahren 1753 und 1756 versehen) §. 115.

**) Anfangsgründe der Deich- und Wasserbaukunst anderer Theile von A. Brahm. Aurich 1757. §. 208.

$\frac{1}{2}$ Fuss in der Secunde: in einem andern Strome von gleicher Tiefe, dessen Gefälle 32 Zoll auf die Meile betrug, war die Windigkeit aber $3\frac{1}{4}$ Fuss. Dabei wird erwähnt, dass diese Windigkeiten den Quadratwurzeln aus dem Gefälle proportional sind, oder der Quotient aus der ersten Grösse durch die eine constante Zahl ist. Es ergiebt sich in der That

$$1 \frac{1}{6} : \sqrt{4} = 0,583$$

$$\text{und } 3 \frac{1}{4} : \sqrt{32} = 0,575$$

sehr genau übereinstimmend. Wenn man diesen Quotient die Quadratwurzel aus der Tiefe, also durch $\sqrt{10}$ dividirt, hält man dieselbe Constante, welche man auch sonst in dem Ausdruck der Geschwindigkeit einzuführen pflegt. Man muss sehen, um die Uebereinstimmung mit der üblichen Bezeichnung anzustellen, das relative Gefälle und nicht das absolute Gefälle für eine Meile einführen. Brahms rechnet die Meile zu 0 Fuss, oder 284160 Zoll: man muss also die gefundene Constante, deren Werth im Mittel 0,579 ist mit $\sqrt{\frac{284160}{10}} = 168,57$

multiplizieren: sie wird alsdann 97,6 also mit dem Werthe, den die Untersuchungen dafür ergeben haben, nahe übereinstimmend. Im Jahre 1775 beschäftigte sich Chézy mit derselben Auf-

In Gemeinschaft mit Perronet bearbeitete er das Project, den Rhodan-Fluss nach Paris zu führen, und dabei soll er, wie (*) erzählt, zur Bestimmung der passenden Profile den Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional angenommen und überhaupt dieselben Voraussetzungen eingeführt haben, man auch heute noch bei uns zu wählen pflegt. Welche Untersuchungen Chézy angestellt und welchen Werth für die Constante er daraus gefunden, oder ob dieses ganz unterblieben sein wird nicht mitgetheilt. Perronet erwähnt nur kurz, dass er dabei beschäftigt gewesen sei, die von demselben angestellten Untersuchungen übergeht er ganz.

Dubaut behandelt die Bewegung des Wassers in Strömen künstlichen Canälen gemeinschaftlich mit der in Röhren-

) *Recherches physico-mathématiques etc.* in der Einleitung IV. und V. und §. 135 und 136.

296 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

leitungen, und giebt für beide dasselbe Gesetz an, welches schon oben (Theil I. Seite 207) mitgetheilt habe. Wichtig ist indessen, dass bei dieser Gelegenheit einige Beobachtungen beschrieben werden, die am Canal du Jard und am Hayne-Fluss angestellt wurden: dieselben sind besonders insofern interessant, als zwischen den Beobachtungen die Reinigung des Jard-Canals vorfiel, und man also aus den vorher und nachher gemachten Resultaten erkennen kann, welchen Einfluss das im Bett wachsende Gras auf die Bewegung des Wassers ausgeübt hat.

Bei Mittheilung von Dubuats Untersuchung bemüht sich Woltman, wie schon oben erwähnt ist, einfachere und klarere Ausdrücke darzustellen: er fand aber, dass für die Wasserleitungen und Flüsse die Einführung der zweiten Potenz der Geschwindigkeit angemessener sei, als wenn man in gleicher Weise, wie für Röhrenleitungen den Exponent $\frac{7}{4}$ wählt. Woltman findet hiernach die Grösse des constanten Factors gleich 0,56 oder wenn der Zahlenwerth für g eingeführt und die Rechnung auf Preussisches Maass vorgenommen wird, gleich 92,3. Für diese Herleitung sind indessen die sämmtlichen sowohl an Röhren als an offenen Leitungen angestellten Beobachtungen, welche Dubuat (I. §. 55) mittheilt, mit Ausnahme der ersten acht und dreissig (die sich auf sehr enge Röhren beziehen) benutzt worden. Es wurden also sieben und achtzig Beobachtungen verglichen, von denen ein und fünfzig an verschiedenen Röhren und drei und dreissig an offenen Canälen angestellt waren. Für alle Beobachtungen bestimmte Woltman den constanten Factor für die beiden angeführten Voraussetzungen in Betreff des Exponenten der Geschwindigkeit, und die vorstehend angegebene Grösse des Factors ist die Mittelzahl aus den Werthen, die sich bei der Einführung der zweiten Potenz für die Geschwindigkeit ergaben. Indem Woltman sich davon überzeugte, dass der Ausdruck verschiedene Form annehmen müsse, je nachdem man die Geschwindigkeit in Röhren oder in offenen Leitungen berechnet dürfte eigentlich die Constanten für den einen oder den andern Fall nur aus den entsprechenden Beobachtungen hergeleitet werden: die Beobachtungen, die sich auf die Röhren bezogen, sind also hierbei unberücksichtigt bleiben müssen. Diese ganze

hatte indessen, wie es scheint, vorzugsweise nur den Exponent der Geschwindigkeit zu bestimmen. Eytelwein rechnete später aus den sechs und dreissig Dubuat'schen Versuchen, welche an offenen Canälen angestellt sind, und zur Begründung der zweiten Potenz der Geschwindigkeit den Werth der Constante, und fand denselben gleich 90,9.

Seine Herleitungen stimmen mit Ausnahme der von Dubuat mehr genau unter sich überein, und selbst der Werth der Constante stellt sich jedesmal ziemlich gleich heraus. Man geht von der Idee aus, dass bei der vorausgesetzten gleichförmigen Bewegung die Beschleunigung durch die Hindernisse, welche der Bewegung entgegensetzen, aufgehoben wird. Die Beschleunigung kann daher als Maassstab dienen, um die Grösse dieser Hindernisse misst. Wenn man annimmt, dass die letzteren nur durch die Reibung des Wassers in der Flussbette veranlasst werden, so rechtfertigt sich die Annahme, dass sie der Grösse der berührenden Fläche proportional sind, wenn die Länge der untersuchten Stromstrecke gleich p ist, so wird der Widerstand dem Umfange des Profils oder p (mit Ausschluss der freien Oberfläche) proportional. Am einfachsten hängt der Widerstand ohne Zweifel auch von der Geschwindigkeit oder c ab, und zwar ist in den vorstehenden Versuchen jedesmal angenommen worden, dass es die zweite Potenz der Geschwindigkeit sei, die man wählen müsse. Man erhält nach dem Widerstand oder

$$W = k^1 \cdot c^2 p$$

in welchem k^1 noch unbekannten constanten Factor bedeutet. Die Beziehung ist für jede Einheit der untersuchten Wassermasse q , wenn α das relative Gefälle bedeutet: also für die Wassermasse gleich $\alpha g q$, wo q den Flächeninhalt des Querprofils und α den körperlichen Inhalt der untersuchten Flussstrecke mit der Länge bezeichnet. Man hat sonach

$$k^1 c^2 p = \alpha g q$$

Die Constanten k^1 und g kann man mit einander verbinden, und eine andere Constante k einführt, und

$$k^1 k^1 = g$$

es ergibt sich alsdann der einfache Ausdruck

$$c = k \sqrt{\frac{\alpha q}{p}}$$

298 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

Nimmt man endlich darauf Rücksicht, dass bei grossen Strömen die Tiefe im Verhältniss zur Breite sehr geringe ist und leicht mehr, als den dreissigsten Theil, oft aber nur den hundertsten Theil der letztern oder noch weniger beträgt, so kann den Umfang des Profils oder p mit der Breite desselben b setzen, der Factor $\frac{q}{p}$ ist alsdann nichts andres, als die mittlere

oder t . Dadurch verwandelt sich der gefundene Ausdruck

$$c = k \sqrt{\alpha \cdot t}$$

Durch die letzte Aenderung war es möglich geworden, aus Beobachtungen, welche Brahms mitgetheilt hat, die Grösse der Factors k zu bestimmen. Dieser Factor ist nach dem Vorstehenden

$$\text{nach Brahms} = 97,6$$

$$\text{nach Woltman} = 92,3$$

$$\text{nach Eytelwein} = 90,9$$

Einer gegebenen Reihe von Beobachtungen, die sämmtlich mit ihren Beobachtungsfehlern oder mit sonstigen Abweichungen behaftet sind, wird sich ein Ausdruck im Allgemeinen immer so besser anschliessen, je mehr Constanten er enthält. Es ist sonach natürlich, dass auch die von Dubuat gemachten Beobachtungen sich besser darstellen lassen, wenn man den Ausdruck etwas mehr complicirt. Der bessere Anschluss, das heisst die Verminderung der Summe der Quadrate der noch bleibenden Differenzen, ist indessen an sich noch kein Grund zur Annahme einer solchen Complication oder die Einführung eines zweiten Factors. Deswegen begründet sei, man muss vielmehr die wahrscheinlichen Werthe der Constanten mit der Grösse der Constanten vergleichen, nur wenn die ersteren unter den Werthen der letzteren bleiben oder wenigstens nicht grösser sind, ist einige Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die Einführung derselben wirklich durch die Verhältnisse geboten sei.

Indem man auf diesem Wege eine bessere Uebereinstimmung der Rechnung mit der Beobachtung erreichen wollte, so war vorzugsweise auf die Beziehung zwischen dem Widerstande und der Geschwindigkeit aufmerksam. Brahms hatte dieselbe aus irgend einem Raisonement, sondern allein aus der Erfahrung abgeleitet; und Woltman hatte ungefähr dasselbe gethan. Die Annahme, dass der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit

tional sei, war also bereits durch die vorliegenden Beobachtungen bestätigt, als man in Frankreich hiergegen Zweifel zu heben anfing. Letztere würden meines Erachtens vollkommen beseitigt gewesen sein, wenn man zu diesem Satze allein durch *raisonnement* gelangt wäre, welches ich oben (Theil I. Seite 11) näher beleuchtet habe. Coulomb und nach ihm Prony haben in dem Widerstande, den das Wasser an den Wänden eines Canals, einen Unterschied zwischen der Klebrigkeit und der eigentlichen Reibung, und meinten, dass erstere der ersten Potenz, und letztere der zweiten Potenz der Geschwindigkeit proportional sein müsse. Dadurch entstand der Ausdruck

$$\frac{\alpha q}{p} = r c + s c^2$$

h Vergleichung mit zwei von Chézy und sechs von Dubuat gemachten Beobachtungen, die sich sämmtlich auf Canäle oder kleine Flüsse beziehen, bestimmte Prony *) nach einer nicht ganz neuen Methode die beiden Constanten, und gelangte dadurch zum Ausdrucke

$$c = -0,1748 + \sqrt{0,03056 + 3687,5 \cdot \alpha t}$$

*) wie oben für $\frac{q}{p}$ gesetzt ist. Hierbei ist das Metrische Maass zu Grunde gelegt, auf Preussisches Fussmaass reducirt, verhält sich der Ausdruck in

$$c = -0,2230 + \sqrt{0,0508 + 10301 \cdot \alpha t}$$

*) ist die Formel, welche in Frankreich ganz allgemein zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit des Wassers in Canälen und Flussbetten angewendet wird.

Endlich ist noch eine Untersuchung von Eytelwein zu erwähnen, welche vor allen übrigen sich dadurch auszeichnet, dass eine Menge Beobachtungen, die an grossen Strömen angestellt wurden, zur Herleitung der Constante benutzt wurden. Die Anzahl der Beobachtungen beträgt ein und neunzig, darunter befinden sich nicht wieder die sechs und dreissig Beobachtungen, welche Prony über die Bewegung des Wassers in Canälen und kleinen Flüssen angestellt hat; ausserdem aber rühren sechzehn Beobachtungen von Brünings her, die an der Whaal, der Yssel und

*) *Recherches physico-mathématiques*, pag. 64.

300 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

dem Rhein gemacht wurden, vier von Woltman an den wässerungs-Canälen bei Kuxhafen und Ritzbüttel und fünf dreissig an der Weser von Funk. Dieselben umschliessen ziemlich alle Verhältnisse, welche in der Praxis vorkommen pflegen, indem die Geschwindigkeiten von 2 Zoll bis zu 7½ in der Secunde wechseln und die Grösse der Profile zwischen 24 Quadratzoll und 19000 Quadratfuss liegt. Die Abweichungen, welche der hieraus hergeleitete Ausdruck gegen die Beobachtungen zeigt, sind keineswegs auffallend gross: er ist durchschnittlich etwa 10 Procent, einzelne Beobachtungen, namentlich die von Funk herrührenden, weichen aber viel mehr und sogar bis 40 Procent von dem Resultate der Rechnung ab.

Diese Arbeit scheint sonach nicht nur höchst wichtig, sondern fast erschöpfend zu sein. Wenn sie von den deutschen Hydrotekten wenig benutzt worden ist, so liegt der Grund darin, dass sie nur in den Schriften der Berliner Academie bekannt gemacht wurde. Prony theilte sie dagegen schon einem Nachtrage zu seiner oben erwähnten Schrift den französischen Ingenieuren mit^{*)}. Erst in der neuesten Ausgabe des Handbuches der Mechanik und Hydraulik (von 1842) hat Eytelwein diese Abhandlung als Anhang beigelegt. In Frankreich hat diese Untersuchung grosse Anerkennung, da sie die von Prony gefundenen Resultate sehr befriedigend bestätigte. D'Aubuisson theilt die Constanten nur in der Art mit, wie sie Eytelwein gefunden hatte, und giebt dabei zugleich eine kurze Beschreibung der zum Grunde liegenden Beobachtungen.

Eytelwein befolgte das von Prony gewählte Verfahren, setzte nämlich voraus, dass der Widerstand aus zweien Theilen bestehe, von denen das eine die erste, und das andere die zweite Potenz der Geschwindigkeit als Factor enthält. Es kam dann, aus einer grossen Anzahl von Gleichungen (die mit der Zahl der Beobachtungen übereinstimmt) zwei unbekannte Co-

*) Untersuchung über die Bewegung des Wassers u. s. w. in den Abhandlungen der mathematischen Classe der Academie der Wissenschaften. Jahrgang 1813 und 1814.

**) *Recueil de cinq tables pour faciliter et abréger les calculs des formules relatives aux mouvements des eaux.* Paris 1828.

***) *Traité d'hydraulique.* Paris 1834. §. 100.

mitteln. Die wahrscheinlichsten Werthe der letztern wären diejenigen gewesen, für welche die Summe der Quadrate der Abweichungen zwischen den berechneten und beobachteten Geschwindigkeiten ein Minimum geworden wäre. Eytelwein führte aber dieser Bedingung die beiden folgenden ein: 1) die Summe der Abweichungen sollte ohne Rücksicht auf das algebraische Zeichen ein Minimum sein, und 2) ihre algebraische Summe sollte Null werden, so dass die positiven Abweichungen sich mit den negativen aufheben. Die Vergleichung der Rechnung mit der Beobachtung bezog sich auf die Grösse der Geschwindigkeit, dieselbe war aber, wie schon bemerkt ist, in den verschiedenen Beobachtungen bis auf das Fünfzigfache verschieden, es war also die grössern Geschwindigkeiten einen ganz überwiegenden Einfluss erhalten haben, und die Werthe der Constanten waren ausschliesslich nach diesen bestimmt worden sein, wenn man die absolute Grösse der Abweichungen unmittelbar und gleichmässig berücksichtigt hätte. Das einfachste Mittel zur Vermeidung dieses Uebelstandes würde unstreitig die Einführung der arithmetischen Werthe der Abweichungen gewesen sein: Eytelwein wählte dagegen den Ausweg, dass er die zweite Bedingung ausschliesslich auf diejenigen zehn Beobachtungen anwandte, welche die kleinste Geschwindigkeit ergaben. Das Resultat war

$$c = -0,1057 + \sqrt{0,01118 + 8715,6 \cdot \alpha t}$$

Die der Rechnung zum Grunde gelegten Bedingungen sind ohne Zweifel nicht die richtigen und ausserdem auch sehr willkürlich gewählt. Durch Verfolgung eines methodischen Verfahrens würden daher die Constanten etwas andere und etwas wahrscheinlichere Werthe erhalten haben. Die Aenderung bleibt jedoch vergleichungsweise gegen die sonstige Unsicherheit der Beobachtungen ziemlich geringfügig, daher verliert der vorstehende Ausdruck aus diesem Grunde nicht viel an Brauchbarkeit. Ein anderer Umstand kommt dabei indessen in Betracht, der von viel grösserem Einfluss ist, nämlich die Glaubwürdigkeit der Beobachtungen selbst.

Ich habe die Untersuchung dieses Gegenstandes, welche zu einer Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung Gelegenheit bot, als Beispiel dieser Rechnungsart bereits früher bekannt

302 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

gemacht^{*)}): die Hauptresultate sind folgende. Die sechzehn Brünings angestellten Beobachtungen beziehen sich nach der Theilung von Wiebeking^{**)} und ebenso nach der von Woltman nur auf Bestimmung der Wassermenge, indem man ermittelte, in welchem Verhältnisse die ganze Wassermenge des Rheins sich auf dessen drei Hauptarme, die Whaal, den Leck und die Yssel vertheilte. Die angestellten Messungen ergaben den Flächeninhalt, sowie den Umfang der Profile und zugleich die mittlere Geschwindigkeit. Es fehlt indessen das Gefälle, welches man nothwendig braucht, wenn man diese Beobachtungen zur Herabsetzung der constanten Factoren benutzen will. Das Gefälle stand nicht mit dem eigentlichen Zweck der Messung in keiner Beziehung und es ist, wie es scheint, auch gar nicht gemessen worden. Funk^{†)} führt dieselben Beobachtungen gleichfalls an, und zwar mit Beifügung des Gefälles. Man muss vorläufig voraussetzen, dass Funk dasselbe auf andere Weise erfahren habe. Die Angaben von Eytelwein, welche das Gefälle gleichfalls enthalten, stimmen mit denen von Funk sehr genau überein, es haben sogar einige Rechnungsfehler aus diesen in jene übertragen.

Die Gefälle, wie sie Funk für diese 16 Beobachtungen angibt, sind immer für je zwei und einmal für vier Beobachtungen genau dieselben. Dieser Umstand muss schon Verdacht erregen, denn zunächst ist es unwahrscheinlich, dass eine Aenderung des Wasserstandes um 6 und sogar um 10 Fuss gar keinen Einfluss auf das Gefälle an der Beobachtungsstelle haben sollte. Unwahrscheinlicher ist es aber, dass die zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Nivellements den Neigungsquotienten, der zwischen 4000 und 9000 ist, immer bis auf die Einheit in gleicher Grösse dargestellt haben sollten.

Dieses Alles würde noch immer nicht Veranlassung geben, die Gefälle als unrichtig oder gar als fingirt anzusehn, aber die höchst auffallende Erscheinung, die sich regelmässig wiederholt,

^{*)} Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Berlin 1825. §. 37 ff.

^{**)} Allgemeine Wasserbaukunst. Ausgabe von 1798. Theil I. S. 344—388.

^{***)} Beiträge zur hydraulischen Architectur. III. Seite 350—354.

^{†)} Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst. Lemgo 1808. Seite 10.

allen Zutrauen zu diesen Angaben auf. Ich versuchte nämlich diese Beobachtungen mit der vorerwähnten einfachen Formel, worin den Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzt, zu vergleichen, und ermittelte zu diesem Zweck aus jeder einzelnen Beobachtung die Grösse des constanten Factors k . Bei zeigte es sich nun, dass bei der von Funk gewählten Reihenfolge die letzte Beobachtung in jeder einzelnen Gruppe den Factor gleich 90.9 ergab (die äussersten Grenzen sind 90.8 und 90.919), wogegen die übrigen Beobachtungen jedesmal viel stärker und durchschnittlich etwa um acht Einheiten davon abweichen. Die Wahrscheinlichkeit, dass für sieben Gruppen von Beobachtungen, die im Allgemeinen sehr abweichende Resultate geben, die letzte Beobachtung jeder einzelnen Gruppe immer demjenigen Werthe, den man als Mittelzahl anzusehen gehabt ist, durch blossen Zufall soweit nähern sollte, wie es geschieht, ist unendlich klein: man kann nahe 56 Millionen Billionen gegen Eins wollen, dass der Zufall ein solches Zusammentreffen beim einmaligen Anstellen der Beobachtung nicht herbeiführt. Es ist also nach menschlichen Begriffen absolut unmöglich, dass diese Erscheinung zufällig gewesen sei: vielmehr ist es ausser allem Zweifel, dass Funk zuerst das Gefälle aus der letzten Beobachtung jeder Gruppe unter Zugrundelegung des von Eytelwein angegebenen constanten Factors berechnete, und dieses Resultat auf die übrigen Beobachtungen der ganzen Gruppe übertrug. Unbegreiflicher Weise hat aber Funk hieraus wieder die Relation zwischen dem Gefälle und der Geschwindigkeit darzustellen versucht. Wäre die Berechnung des Gefälles für jede einzelne Beobachtung angestellt worden und wären Rechnungen dabei vermieden, so würde die umgekehrte Rechnung natürlich eine vollkommene Uebereinstimmung mit jeder beliebigen zum Grunde gelegten Hypothese ergeben haben.

Die von Brünings angestellten Beobachtungen, welche die wichtigsten in der ganzen Reihe sind, fallen sonach aus. Demnach hat Eytelwein ein und fünfzig Beobachtungen von Funk benutzt. Die ganze Anzahl derselben ist noch grösser, aber einige sind nicht mit aufgenommen, weil sie gar zu abweichende Resultate ergeben haben sollen. Dieser Umstand dürfte eigentlich nicht Anlassung sein, einzelne Beobachtungen auszuschliessen: der

304 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

wahrscheinlichste Werth des Resultates ist mehr durch diejenigen Beobachtungen bedingt, welche am meisten davon abweichen, durch diejenigen, die sich am besten demselben anschließen. Dagegen müssen die sämmtlichen Funkschen Beobachtungen fallen, weil hier wieder in jeder Gruppe, für welche ein Gefälle angegeben ist, einmal der constante Factor sehr 90,9 ist, und sonst immer sehr stark davon abweicht. Funk hat dabei nur die Aenderung eingeführt, dass nicht immer die Beobachtung in jeder Gruppe zur Berechnung des Gefälles gewählt worden ist, sondern einmal eine in der Mitte liegende, in einer, die nur aus zwei Beobachtungen besteht (Funk bezieht sie auf Seite 98 mit dem Buchstaben L), ist die Rechnung beide Beobachtungen ausgedehnt und aus den Resultaten ist Mittel genommen worden.

Die Uebereinstimmung der von Eytelwein gefundenen Resultate mit denen, welche Prony dargestellt hatte, erklärt sich nach sehr einfach dadurch, dass Prony vorzugsweise die Beobachtungen von Dubuat benutzte; aus diesen ist aber auch die Constante 90,9 hergeleitet, und durch Einführung derselben sind wieder Beobachtungen von Brünnings und Funk ergänzt worden, so dass Eytelwein seiner Untersuchung zum Grunde legte.

Es bleiben sonach ausser den von Dubuat angestellten Beobachtungen nur noch vier andere übrig, welche Woltman*) getheilt hat. Die letztern beziehen sich nur auf Entwässerungsräben von 8 bis 14 Fuss Breite, nichts desto weniger sind vollständig angegeben und der Name des Autors bürgt für Genauigkeit. Bei Dubuats Beobachtungen am Hayne-Flusse, Jard-Canale tritt der Uebelstand ein, dass die Geschwindigkeit der Oberfläche und nicht die mittlere gemessen ist, ausser müssen die Beobachtungen Nro. 175, 176 und 181 ausfallen, dabei das Bett sehr verwachsen oder die Strömung durch vollständige Oeffnung einer Schleuse unterbrochen war. Es bleiben also dann nur noch sieben Beobachtungen übrig. Diese habe ich mit den von Woltman angestellten in der Art verbunden, dass den letztern den doppelten Werth der ersten gegeben habe,

*) Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle. Göttingen Seite 286—287.

vergleichungsweise angenommen, dass jene vier Beobachtungen arithmetische Mittel aus je zwei Messungen enthalten, finde ich nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$\alpha t = 0,000\ 05783 \cdot c + 0,000\ 06844 \cdot c^2$$

der $c = -0,4225 + \sqrt{0,1785 + 14611 \cdot \alpha t}$

Drücke beziehn sich wieder auf Preussisches Fussmaass. Dieses Resultat wegen der beschränkten Anzahl von Messungen, aus welchen es hergeleitet ist, als allgemein gültig werden darf, so verdient es doch wohl mehr Glauben, als die früher angeführten Ausdrücke. Etwas einfacher wird in obigen die Rechnung, wenn man zu der obigen Form

$$\alpha t = k \cdot c^2$$

Beobachtet und darauf Rücksicht nimmt, dass k nicht constant, sondern von der Grösse der Geschwindigkeit abhängig sei. Verwendet man diesen Ausdruck mit dem letzten, nämlich

$$\alpha t = r \cdot c + s \cdot c^2$$

beide einander gleich, so folgt

$$k = \sqrt{\frac{c}{r + s \cdot c}}$$

findet man

für $c = 0,5$	. . . .	$k = 74$
$= 1,0$	. . . .	$= 89$
$= 1,5$	. . . .	$= 97$
$= 2,0$	. . . .	$= 101$
$= 2,5$	. . . .	$= 104$
$= 3,0$	. . . .	$= 107$
$= 3,5$	. . . .	$= 109$
$= 4,0$	. . . .	$= 110$

den beiden Beobachtungen von Dubuat, welche sich auf die Bewegung in einem stark verwachsenen Strombette beziehen, den Werth von k um den vierten bis fünften Theil niedriger, als nach dieser Tabelle.

von Funk aus den Beobachtungen hergeleitete Theorie bestätigt, und ebenso auch den Versuch Krayenhoff's *),

verzamelings van hydrographische en topographische Waarnemingen door Krayenhoff. Amsterdam 1813. Seite 193 ff.

1, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl. . . . 20

306 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

nach den in Holland angestellten Messungen die Constante der Pronyschen Formel zu corrigiren. Die letzte Untersuchung lässt insofern kein sicheres Resultat erwarten, als die Gefälle speciell an der Beobachtungsstelle und zur Zeit der Beobachtung gemessen sind, sondern nur das General-Nivellement der Elbe zum Grunde gelegt ist.

Schliesslich will ich noch die Resultate aus einer grossen Reihe von Beobachtungen anführen, welche in den Jahren 1817–1822 an der Elbe im Merseburger Regierungsbezirke zu wissenschaftlichen Zwecken angestellt sind. Ich habe indessen dieselben das Nähere nicht erfahren können, und weiss auch nicht, ob sie wirklich nur an solchen Stellen gemacht sind, wo der Fluss ein ziemlich regelmässiges Bett hat, und ob die Geschwindigkeitsmessungen vollständig angestellt sind, oder vielleicht nur die Geschwindigkeit an der Oberfläche gemessen und die mittlere Geschwindigkeit hergeleitet sein mag. Die Werthe der Constante k ergeben sich aus denselben für die verschiedenen Geschwindigkeiten

Anzahl der Beobachtungen	Geschwindigkeiten	k im Mittel	äusserste Grenzen von k
3 . . .	1,5 . . .	104,8 . . .	75,6 bis 134,0
8 . . .	2,0 . . .	77,4 . . .	56,6 bis 98,2
15 . . .	2,5 . . .	84,3 . . .	69,4 bis 103,2
7 . . .	3,0 . . .	82,5 . . .	66,0 bis 100,0

Man sieht, dass ungeheure Abweichungen hierbei vorkommen. Wahrscheinlich sind die Beobachtungen wenigstens zum Theil sehr unregelmässigen Stromstrecken angestellt, woraus sich auch erklärt, dass der Werth von k im Allgemeinen viel grösser ausfällt, als er sonst gefunden worden ist.

Es ergiebt sich aus der vorstehenden Zusammenstellung verschiedener Theorien, dass selbst der Satz über die Bewegung des Wassers in regelmässigen Strom- oder Canallbetten sehr unsicher ist und einer Bestätigung oder Berichtigung sorgfältige Beobachtungen dringend bedarf. Bis dahin bleibt es zweifelhaft, ob der Widerstand der zweiten Potenz der Geschwindigkeit proportional ist, oder ob man noch ein anderes Glied, wie die erste Potenz derselben enthält, einführen muss. Aus diesem Grunde scheint wenig Veranlassung vorhanden zu sein, von dem durch Prony und Eytelwein angegebenen complicirteren Aus-

nach zu machen: die einfache Formel, welche Brahmns zuerst andeutete, wenn auch nicht algebraisch ausdrückte, bei der noch bleibenden Unsicherheit über die Verhältnisse ganz ausreichend angesehen werden können, besonders wenn der Werth der Constante nach der grössern oder mindern Geschwindigkeit, die man entweder schon kennt oder erwartet, abgeändert annimmt. Der wahrscheinliche Fehler dieser Constante der obigen Tabelle (nach den Beobachtungen von Dubuat und Prony) ist sehr bedeutend, er ergibt sich schon aus der Vergleichung mit den zum Grande gelegten Beobachtungen gleich nachstehenden Theile der Constante, wenn man daher in dem Falle, die Geschwindigkeit gesucht wird, die Constante auch um zwei Einheiten zu gross oder zu klein angenommen haben sollte, ist der daraus hervorgehende Fehler im Vergleiche zu der noch bestehenden Unsicherheit ziemlich geringfügig.

Einige Umformungen dieses Ausdrucks finden häufige Anwendung: ich will dieselben hier mittheilen und zugleich darauf aufmerksam machen, dass man sich der Formel mit Vorsicht bedienen muss, weil eine unbedingte Benutzung derselben in manchen Fällen leicht bedeutende Fehler veranlassen kann. Es bedeutet

q den Flächeninhalt des Querprofiles,

p den Umfang desselben längs dem Strombette,

b die Breite des Profiles, welches gewöhnlich gleich p ist,

t die mittlere Tiefe, nämlich $q = b t$,

c die mittlere Geschwindigkeit,

l die Länge der untersuchten Stromstrecke,

h das absolute Gefälle derselben,

α das relative Gefälle, nämlich $\alpha = \frac{h}{l}$

M die Wassermenge $= c q$ und

k der constante Factor, dessen Werth in vorstehender Tabelle angegeben ist.

Hauptformel ist

$$c = k \sqrt{\left(\frac{h \cdot q}{l \cdot p} \right)} = k \sqrt{(\alpha \cdot t)}$$

Annahme von Brahmns, dass nämlich bei gleichen Tiefen die Geschwindigkeiten sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten, ist durchaus gerechtfertigt. Die häufig gemachte Voraussetzung, dass bei verschiedenen Anschwellungen in derselben Stromstrecke

308 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

die mittleren Geschwindigkeiten sich wie die Quadratwurzeln den mittleren Tiefen verhalten, ist dagegen höchst gewagt, wenn man nicht annehmen darf, dass bei verschiedenen Wasserständen die Gefälle unverändert bleiben. Ich habe schon früher (S. 10) aus den Wasserstandsbeobachtungen nachgewiesen, dass selbst längere Stromstrecken, die nämlich zwischen zwei Pegeln liegen, die Gefälle zur Zeit des hohen Wassers anders sind, als zur Zeit des kleinen Wassers. Bei solchen langen Strecken findet noch eine gewisse Ausgleichung statt, welche bei kürzeren Stromstrecken nicht vorkommt, woselbst die Differenzen sich daher bedeutender herausstellen. Im Allgemeinen darf man annehmen, dass die Vertheilung des Gefälles bei höherem Wasserstande gleichmässiger wird. Die sehr starken und sehr schwachen Gefälle zur Zeit des niedrigen Wassers, vermindern und vergrössern sich bei eintretenden Fluthen, so dass sie sich dem mittleren Gefälle des Stromes für grössere Strecken nähern. Daher verringert sich bei Wehren der Unterschied zwischen dem Ober- und Unterwasser und hört oft beinahe ganz auf, sobald der Strom in grosser Höhe darüber fortgeht. Andererseits kann aber eine starke Verengung oder Verbreitung des Flussthales auch bei hohem Wasser stellenweise das Gefälle ungleichmässiger machen, als es zur Zeit des niedrigen Wasserstandes war: dieser Fall ist freilich der seltenere. Ferner muss hierbei auch noch auf verschiedenartige Gefälle beim Steigen und Fallen des Wassers aufmerksam gemacht werden.

Wenn man alle diese Umstände unberücksichtigt lässt, und ohne Weiteres annimmt, dass das Gefälle an jeder Stelle unverändert dasselbe bleibt, so kann man leicht zu ganz unrichtigen Resultaten kommen. Dieses ist auch gewiss sehr häufig geschehen, namentlich bei Ermittlung der Wassermenge, welche ein Fluss zur Zeit der höchsten Anschwellungen abführt. Viel sicherer ist eine solche Untersuchung aus, wenn man die Höhe des Wasserstandes gleichzeitig an zwei verschiedenen Stellen markirt, woraus man auf das Gefälle schliessen kann. Dabei muss noch erwähnt werden, dass das Gefälle, insofern es dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist, einen sehr grossen Einfluss auf die letztere hat. Man muss daher besonders sorgfältig bei der Ermittlung des Gefälles verfahren, und wenn man auch

ungefähr noch eben so gross, wie zu einer andern Zeit kann eine geringe Differenz desselben doch in der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit und sonach der Wasserschön grosse Irrthümer veranlassen.

Setzt man die Wassermenge statt der Geschwindigkeit in den obigen Ausdruck ein, so erhält man

$$M = k q \sqrt{\left(\frac{h}{l} \frac{q}{p}\right)}$$

$$\text{oder } M = k b l \sqrt{\left(\frac{h}{l} \frac{t}{l}\right)}$$

$$\text{und hieraus } h = \frac{1}{k^2} \cdot \frac{M^2 l}{b^2 t^3}$$

Dem letzten Ausdrucke ist schon oben bei Gelegenheit der Bestimmung des Gefälles in den Abzugsgräben Gebrauch gemacht (Theil I. §. 28.)

Wenn in einem breiten Strombette die Wassertiefe sehr ungleich ausfällt, so ist es nicht nur statthaft, das ganze Bett in Zusammenhänge zu betrachten, man muss vielmehr für Theile oder Sectionen, die ungefähr gleiche Tiefe haben, eine Berechnung besonders führen. Man darf in der That in diesem Falle nicht annehmen, dass ein inniger Zusammenhang zwischen solchen Theilen des Profils bestehe. Das folgende Beispiel zeigt, zu welchen unpassenden Resultaten man gelangt, wenn diese Vorsicht unbeachtet lässt.

Ein Strombett sei bordsvoll angefüllt, das heisst das Wasser in beiden Seiten stehe mit der Thalfläche gleich hoch: seine Breite sei 500 Fuss und seine mittlere Tiefe 20 Fuss. Das Wasser stehe hierauf noch einen Fuss höher und verbreite sich dadurch auf beiden Seiten der horizontal angenommenen Thalsole noch 250 Fuss. Nimmt man an, dass in beiden Fällen das relative Gefälle, sowie auch der Factor k derselbe bleibe, so hängt die Wassermenge, welche abgeführt wird, nur noch von dem Producte

$$b \cdot \sqrt{t^3} = u$$

im ersten Falle war $b = 500$ und $t = 20$, also $u = 44720$. Im zweiten Falle dagegen ist $q = 12500$, $b = 2500$, daher $t = 5$, woraus ergiebt sich $u = 27950$. Nach dieser Rechnung würde also der Strom, sobald er noch einen Fuss höher anschwillt,

310 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

und während er dasselbe Gefälle behält, weit weniger Wasser, nämlich nur etwas über die Hälfte des früheren abführen, offenbar unrichtig ist. Dasselbe Resultat würde sich noch auffallender herausstellen, wenn man statt der Vergrösserung des Wasserstandes um einen vollen Fuss, nur ein Wachstum von wenigen Zollen angenommen hätte. Wenn man dagegen nach der angegebenen Regel die verschiedenen Theile des Profiles separat behandelt, so findet man für das höhere Wasser den Werth

im eigentlichen Strombette . . .	48120
in der inundirten Thalfläche . . .	2000

also zusammen 50120.

Dieses Resultat enthält keinen Widerspruch, und eben so bei dieser Berechnungsart jede noch so geringe Vermehrung des Wasserstandes eine Vermehrung der Wassermenge zu erwarten, wie dieses ohne Zweifel auch geschehen muss, weil das über die Thalfläche fliessende Wasser unnötig den Strom im eigentlichen Bette verzögern kann, wenn es auch selbst langsamer fliesst.

Schliesslich muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass die vorstehenden Gesetze über die gleichförmige Bewegung noch Anwendung finden können, wenn auch das relative Gefälle oder α nicht constant ist. Die Voraussetzung, bei der Herleitung dieser Gesetze gemacht wurde, beruht nämlich allein darauf, dass die mittlere Geschwindigkeit in den auf einander folgenden Profilen sich nicht ändere, nur in diesem Falle durfte man annehmen, dass der Widerstand genau so gross sei, wie die Beschleunigung. Indem nun

$$q = \frac{M}{c}$$

so folgt auch, dass bei gleicher Wassermenge die Flächen der Profile, oder die Werthe von q einander gleich sein müssen. Die früher angegebene Formel ergiebt aber

$$\frac{c^2}{q \cdot k^2} = \frac{\alpha}{p}$$

Der Werth des Bruches auf der linken Seite ist wegen der gleichförmigen Bewegung constant, daher muss auch der auf der rechten Seite stehende Ausdruck constant sein, dieses geschieht nicht nur, wenn α und p an sich unverändert

den, sondern auch wenn sie einander proportional sind, oder andern Worten, wenn das Gefälle zu der Breite des Stromes geraden, oder zu der mittleren Tiefe im umgekehrten Verhältnisse steht. Wird diese Bedingung erfüllt, so ist andererseits auch

$$\frac{c^2}{q \cdot k^2} \text{ oder } \frac{c^2}{M \cdot k^2} \text{ oder } c^2$$

folglich auch c oder die mittlere Geschwindigkeit constant, es tritt die gleichförmige Bewegung ein. Dieses Resultat aber keineswegs voraus, dass der Widerstand dem Quadrate mittleren Geschwindigkeit proportional sein müsse, es folgt mehr in ganz gleicher Weise aus jeder andern Beziehung, man zwischen dem Widerstande und der Geschwindigkeit annehmen mag.

Anmerkung. Es sei mir erlaubt, darauf aufmerksam zu machen, dass nach einer Mittheilung des Herrn Lahmeyer in Hannover derselbe sowohl aus fremden, wie auch aus eigenen Anzahl eigener Messungen die Werthe der Constanten in der Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers in Strombetten nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet hat. Diese ganze, gewiss sehr interessante Untersuchung wird in Kurzem dem Verfasser dem Publikum vorgelegt werden, sie bezieht sich aber nicht allein auf die Bestimmung der Constanten, sondern auch auf die Form des Ausdrucks. Manche Veränderungen desselben, und namentlich die Einführung einiger Umstände, die man bisher unberücksichtigt gelassen hat, wie z. B. den Krümmungshalbmesser des Stromlaufes, machten es möglich, die Bestimmungen mit den Resultaten der Rechnung in bessere Uebereinstimmung zu bringen.

§. 66.

Ungleichförmige Bewegung.

Die geringen Erfolge, welche man bei Untersuchung der ungleichförmigen Bewegung des Wassers in Strom- und Canalbetten erreicht hat, lassen nicht erwarten, dass man in der Aufstellung der Gesetze für die ungleichförmige Bewegung, oder den Fall, dass die mittlere Geschwindigkeit sich verändert, viel weiter gekommen sei. Die allgemeinen hydrodynamischen Be-

312 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

dingungen, wie sie von Euler *) und Andern angegeben und durch Differenzial-Gleichungen ausgedrückt sind, bieten nicht nur sehr grosse und oft ganz unüberwindliche Schwierigkeiten in der Rechnung, wenn man sie auf bestimmte Fälle anwenden will, sondern ausserdem können sie auch nur dadurch brauchbar werden, dass man die Kraft, womit die Wassertheilchen gegenseitig an einander haften, gehörig in Rechnung stellt, und auf diese Weise verknüpft alle einzelnen Systeme der Bewegung, welche sich erfahrungsmässig wirklich bilden, mit dem Calcul zu verfolgen, und den Zusammenhang und Einwirkung unter sich nachzuweisen. Eine solche Untersuchung ist so wenig vorbereitet, und erscheint auch so übermässig verwickelt, dass man sich davon kein Resultat versprechen kann, und auch wohl noch nie der Versuch gemacht ist, sie durchzuführen. Es bleibt daher nur übrig, gewisse einfache Combinationen zum Grunde zu legen und aus diesen andern mehr complicirte zusammenzusetzen. Wenn dieser Weg, der allerdings leicht irre führen kann, mit gehöriger Vorsicht verfolgt und beständig an Beobachtungen angeschlossen wird, so erscheint keineswegs verwerflich; er ist vielmehr wohl der einzige, wovon man einige Erfolge erwarten kann, aber man darf dabei nicht vergessen, dass die Voraussetzungen, welche man einführen muss, nur innerhalb gewisser Grenzen als richtig angesehen werden dürfen und die strenge mathematische Schärfe denselben abgehen.

Die französischen Ingenieure haben in neuerer Zeit wiederholt diesen Weg versucht, und auf demselben eine Aufgabe zu lösen sich bemüht, welche ohne Zweifel für den Strombau sehr wichtig ist, nämlich die der permanenten Bewegung des Wassers. Man versteht darunter diejenige gleichförmige oder ungleichförmige Bewegung, welche bei constantem Zufluss eintritt. Die letzte Bedingung setzt voraus, dass in jeder einzelnen Stelle des Stromlaufes die Geschwindigkeit, sowie auch die übrigen Umstände unverändert dieselben bleiben, weil das Wasser immer auf ganz gleiche Weise zufliesst, und daher jedes einzelne

*) Euler machte diese Arbeiten in den neuen Commentarien der Petersburger Academie bekannt. Brandes hat sie übersetzt, und unter dem Titel: „Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester Körper, dargestellt von Leonhard Euler, übersetzt von H. W. Brandes.“ Leipzig 1806, herausgegeben.

ertheilchen, wenn es auch bald schneller und bald langsamer schreitet, sich doch genau ebenso bewegen muss, wie das vorhergehende und das nachfolgende. Jeder Wasserfaden, der den in ihm befindlichen Theilchen bezeichnet, nimmt daher eine constante Form an, und seine Richtung, sowie auch seine verschiedenen Querschnitte, welche umgekehrt der Geschwindigkeit jeder einzelnen Stelle proportional sind, sind von der Zeit unabhängig und zeigen an jedem einzelnen Punkte keine Veränderung. Diese Annahme stimmt mit der Erfahrung nicht überein, insofern bei grössern Strömen, wo die Adhäsion des Wassers oder andere Kräfte ihren überwiegenden Einfluss verleiht, eine periodische Schwankung oder eine Art von Wellenbewegung eintreten pflegt. Nichts desto weniger kann man sich wohl absehn, und die Resultate würden noch brauchbar sein, wenn die übrigen Voraussetzungen richtig wären.

Prony hatte die Gesetze für diese Art von Bewegung nur Allgemeinen angedeutet: Belanger *) ist, soviel mir bekannt, der Erste, der sie speciell angab, und ihm folgten Vanthier **), Dubois *** und Saint-Guilhem ****). Im Allgemeinen kommen aus sämmtlichen Untersuchungen auf Folgendes heraus.

Bei der gleichförmigen Bewegung wird die Beschleunigung vollständig durch die Widerstände aufgehoben, man findet daher Einführung der frühern Bezeichnung

$$\alpha = \frac{p}{q} \cdot \frac{c^2}{k^2}$$

nach dem von Prony angegebenen Ausdruck

$$\alpha = \frac{p}{q} \cdot (rc + sc^2)$$

In beiden Fällen ist der zweite Factor auf der rechten Seite eine Function von c , daher ist allgemein

$$\alpha = \frac{p}{q} \cdot fc$$

*) *Essai sur la solution numérique de quelques problèmes, relatifs au mouvement permanent des eaux courantes par Belanger.* Paris 1838.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1836. I. p. 241 ff. und 1836. II. p. 242 ff.

Ebendasselbst 1836. I. p. 314 ff.

Ebendasselbst 1838. I. p. 249 ff.

314 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

Das Gefälle kann man aber auch ausdrücken durch

$$\alpha = \frac{dh}{dl}$$

daher folgt für die gleichförmige Bewegung

$$dh = \frac{p}{q} \cdot f c \cdot dl$$

Wenn dagegen die Bewegung nicht gleichförmig ist, so nimmt die Geschwindigkeit zu, so muss das Gefälle gleich grösser werden, und zwar um so viel, dass seine Zunahme der Zunahme der Geschwindigkeit entspricht. Bezeichnet man die Druckhöhe, welche zur Darstellung dieser Zunahme der Geschwindigkeit erforderlich ist, durch h' , so hat man

$$dh = \frac{p}{q} \cdot f c \cdot dl + dh'$$

oder wenn man endliche Differenzen statt der Differenziale

$$\Delta h = \frac{p}{q} \cdot f c \cdot \Delta l + \Delta h'$$

Um ein Beispiel von der Anwendung dieser Gleichung zu geben, nehme ich an, dass in einem Strome die mittlere Geschwindigkeit 2 Fuss beträgt, und dass sich in einer Strecke von 10 Ruthen Länge um 1 Fuss vergrößert. $\Delta h'$ ist demnach die Fallhöhe, welche der Geschwindigkeitszunahme von 1 Fuss entspricht, oder

$$\Delta h' = 0,016$$

ferner
$$\frac{p}{q} = \frac{1}{t} = 0,5$$

$$f c = \frac{c^2}{k^2} = \frac{2^2}{100^2} = 0,0004$$

$$\Delta l = 120$$

folglich
$$\Delta h = 0,024 + 0,016 = 0,04 \text{ Fuss.}$$

Das Zeichen von $\Delta h'$ verwandelt sich in Minus, wenn die Geschwindigkeit in dem unterhalb liegenden Querschnitte geringer als in dem obern ist. Wenn man die Querschnitte und die Geschwindigkeiten schon vorher kennt, so kann man, wie im gewählten Beispiele geschehn ist, den Werth von $\Delta h'$ unmittelbar berechnen; man kann dasselbe aber auch unter Zuhilfenahme der allgemeinen dynamischen Gesetze auf andere Art

und hierauf beruht der wesentlichste Unterschied in den Resultaten der verschiedenen Untersuchungen.

Ein näheres Eingehn in diesen Gegenstand erscheint insofern nicht überflüssig, als es bisher nicht geglückt ist, diese Ausdrücke mit der Erfahrung in Uebereinstimmung zu bringen^{*)}. Der Grund, weshalb die Resultate der Beobachtung so wesentlich von denen der Berechnung abweichen, liegt ohne Zweifel zum Theil in der nachgewiesenen Unsicherheit des Gesetzes über die gleichförmige Bewegung des Wassers, zum Theil aber auch gewisse Annahme, dass das Gefälle nur die Geschwindigkeit in der Richtung des Stromlaufes hervorbringen soll, welche sich in der That in der Geschwindigkeit zu erkennen giebt, während in der Wirklichkeit sich auch noch die verschiedensten innern Bewegungen geltend machen, die oft den grössten Theil der lebendigen Kraft des Wassers aufzehren, und die gleichfalls nichts anderes, als eine Wirkung des Gefälles sind. Namentlich zeigt sich dieses, wie bereits erwähnt, unterhalb der Stromschnellen oder der Wasserstürze, wo das Wasser auf einem sehr beschränkten Raume die ganze mitgeführte lebendige Kraft zerstört wird, so dass das Wasser schon in geringer Entfernung seine Beschleunigung vollständig verloren hat und sehr sanft abfließt. Wollte man die angegebene Formel auf diesen Fall anwenden, so würde man ganz unstatthafte Resultate erhalten, und überhaupt scheint dieser Grund es auch nicht zuzulassen, wenn man annimmt, dass wenigstens in allen Fällen, wo eine Verminderung der Geschwindigkeit eintritt, die Geschwindigkeit mehr durch das Gefälle an jeder Stelle, als durch die Geschwindigkeit bedingt wird, womit das Wasser übereinstimmt. Die innern Bewegungen, welche sich bei jeder Verengung der Strömung sehr stark zeigen, sind in der aus der Erfahrung abgeleiteten Formel für die gleichförmige Bewegung nicht berücksichtigt worden, und wahrscheinlich heben sie den Theil der Beschleunigung auf, oder sie veranlassen den Widerstand in der Strömung des Wassers. Besonders werden sie da, wo der Strom aus einem engeren Profile in ein weiteres übergeht, oder wo seine mittlere Geschwindigkeit

^{*)} Vergleiche *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières*, par M. Minard. Paris 1841. p. 38 bis 43.

316 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

sich vermindert. Indem es an allen Beobachtungen noch fehlt, dürfte sich für diesen Fall die einfachste Voraussetzung rechtfertigen, dass der Ueberschuss der Geschwindigkeit des ankommenden Wassers sich in diesen innern Bewegungen consumirt, und sonach die mittlere Geschwindigkeit nur von dem Gefälle an jeder einzelnen Stelle abhängt, ebenso wie dieses auch bei der gleichförmigen Bewegung geschieht.

Bei der Anlage von Wehren wird der Baumeister am häufigsten in die Nothwendigkeit versetzt, die ungleichförmige Bewegung des Wassers in einem Strome zu untersuchen. Es ist in diesem Falle auch durchaus erforderlich, die Aenderungen, welche durch einen solchen Bau in der Strömung und namentlich in den Wasserstände veranlasst werden, schon vorher zu kennen, wenn man sonst besorgen muss, dass entweder der Zweck der Anlage verfehlt wird, oder die angrenzenden Ländereien durch Versumpfung leiden. Die hierbei eintretenden Erscheinungen sind schon vielfach untersucht worden, doch unglücklicher Weise mehr auf speculativem, als auf empirischem Wege. Sie beziehen theils auf die Stauhöhe oder diejenige Höhe, zu welcher der Wasserspiegel unmittelbar vor dem Wehre gehoben wird, theils auf die Stauweite, oder die Entfernung, in welcher man noch eine Erhebung des Wassers zu erkennen giebt.

Die Bestimmung der Stauhöhe ist vergleichungsweise ziemlich leicht: der Wasserspiegel erhebt sich nämlich so hoch über den Rücken des Wehrs, bis das Durchflussprofil und die Geschwindigkeit hinreichend gross wird, um die ganze zuliessende Wassermasse abzuführen. Die Geschwindigkeit des überstürzten Wassers hängt aber von dem Drucke, also von der Höhe des Staues ab, und letztere bedingt daher ebensowohl diese Geschwindigkeit, wie die Grösse des Profils. Die Schwierigkeit, die man begegnet, liegt nur in der Bestimmung des Contraction-Coefficienten, von dem es natürlich zweifelhaft ist, ob er bei grossen Wehren sich noch eben so herausstellt, wie bei kleinen Seitenöffnungen eines Gefässes. Es fehlt hierüber noch sehr entscheidenden Versuchen, und meines Erachtens ist es sehr wahrscheinlich, dass dieser Coefficient sich immer um so mehr der Einheit nähern wird, je grösser das ganze Profil im Verhältnisse zu dem durch das Wehr gesperrten Theile desselben

von Castel *) angestellten Untersuchungen haben für geringe Abflussprofile die Grösse des Coefficienten und zugleich seine Abhängigkeit von manchen Umständen ergeben, ob man aber diese unmittelbar auf die Wehre in Flüssen und Strömen anwenden darf, ist doch zu bezweifeln. Nichts desto weniger können sie mitgetheilt zu werden. Die Versuche bezogen sich nämlich auf den Fall, dass der Unterwasserspiegel den Rücken des Wehres nicht erreichte, und sonach ein freier Ueberlauf, oder man zu sagen pflegt, ein vollkommener Ueberfall stattfand.

Bedeutet k den noch unbekannten Contractions-Coefficienten, b die Breite der Oeffnung, und H den Wasserstand darüber unmittelbar davor, so ist nach dem früher entwickelten Ausdruck (Theil I. Seite 175) die überfliessende Wassermenge, oder

$$M = \frac{4}{3} k b H \sqrt{g H}$$

nach sollte man erwarten, dass die Wassermenge theils der Breite der Oeffnung und theils der Quadratwurzel aus der dritten Potenz des Wasserstandes proportional sei. Das letzte fand in der That statt, das erste jedoch nicht: man muss daher für den Coefficienten eine gewisse Abhängigkeit von der Breite der Oeffnung annehmen. Zwei Reihen Beobachtungen, welche an Canälen mit 1½ und 2½ Fuss Breite angestellt wurden, ergaben, dass der Coefficient nicht von der absoluten Breite der Oeffnung, sondern dem Verhältnisse derselben zur Breite des Oberwassers abhängt.

Hatte der Ueberfall nur den dritten Theil der Breite des Oberwassers, so war der Coefficient 0,60

bei der halben Breite 0,61

bei drei Viertel derselben 0,64

und wenn beide gleiche Breite hatten . . . 0,665

gegen die Breite des Ueberfalles unter 3 Zoll, und hatte der Obercanal wenigstens eine viermal so grosse Breite, so nahm der Coefficient wieder zu, und er wurde sogar gleich 0,67, wenn der Ueberfall nur 4½ Linien breit war. Endlich verdient hier

*) *Expériences sur l'écoulement de l'eau par des déversoirs* faites à Toulouse par M. Castel: communiquées par d'Aubuisson. *Bulletin des Mines III. Série. Tome XI. 1837. II.* — Die frühere Untersuchung von Castel ist in den *Annales des ponts et chaussées* Bd. I. pag. 113 ff. mitgetheilt.

318 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

nach noch erwähnt zu werden, dass das Wasser zur Seite des Wehrs, in Folge der plötzlichen Unterbrechung seiner Bewegung an dieser Stelle etwas höher, als vor dem Wehre stand. Der Unterschied betrug nach diesen Beobachtungen im Maximum $1\frac{1}{2}$ Linien, und er verminderte sich, sobald weniger Wasser durch das Wehr abgeführt wurde: die Breite des Wehrs war dabei 1 Fuss.

Hat das Wasser schon vor dem Wehre eine merkliche Geschwindigkeit, so wird diese ohnstreitig den Ueberfluss befördern, oder bei gleicher Stauhöhe die Wassermenge vergrössern. In den meisten Fällen, und namentlich wenn die Höhe des Wasserstandes auf dem Wehrrücken nicht gross ist, wird der Einfluss dieser Geschwindigkeit gleichfalls unbedeutend sein, und wenn man von demselben Rechnung tragen will, so tritt gemeinhin der Uebelstand ein, dass man nicht weiss, wo man die Geschwindigkeit messen soll, um sie noch unabhängig von der Einwirkung des Wehrs zu ermitteln. Aus der Wassermenge und dem Flächeninhalte des Querprofils darf man sie nicht füglich berechnen, man dadurch die Voraussetzung einführt, dass das Wasser in dem untern Theile des vom Wehre abgeschlossenen Raumes noch eben so schnell, wie oben bewegt, was doch nicht anzunehmen ist. Man würde hierdurch die Geschwindigkeit der obersten Schichten und sonach eben die gesuchte Beförderung des Wasserzudranges geringer finden, als sie wirklich ist. D'Aubuisson sagt, dass die Resultate der Beobachtungen von Eytelwein und Bidone mit der Rechnung besser übereinstimmen, wenn man den Einfluss der Geschwindigkeit unberücksichtigt lässt, und er erklärt dieses dadurch, dass in der Stauhöhe vor dem Wehre wirklich schon der Einfluss dieser Geschwindigkeit mit enthalten ist, da die lebendige Kraft des Wassers, sobald es in den Wirkungskreis des Wehres tritt, sich nur in einem gewissen Drucke äussern kann, der eben den Wasserstand erhöht. So wenig hierauf auch zu erinnern wäre, so lange das Durchflussprofil über dem Wehre im Vergleiche zum Profil des Stromes unbedeutend ist, so erscheint doch diese Ansicht nicht mehr statthaft, wenn die Anschwellung des Stromes so gross wird, dass der Stau

*) *Traité d'Hydraulique*. §. 142.

Wasser beinahe ganz verschwindet, und dieser Fall ist es gerade, bei der Anlage von Wehren eine vorzügliche Berücksichtigung verdient.

Wäre das Wasser vor dem Wehre stillstehend, so würde der obere Ausdruck gelten. Das Wasser kommt indessen schon mit der Geschwindigkeit c an, und in Folge derselben fliesst noch die Wassermasse $= b H c$ über das Wehr. Die ganze Wassermasse würde sonach betragen

$$M = b H \left(\frac{4}{3} k \sqrt{g H} + c \right)$$

Der Ausdruck verwandelt sich

$$\text{für } k = 0,64 \text{ in } M = b H (3,37 \sqrt{g H} + c)$$

$$\text{und für } k = 1 \text{ in } M = b H (5,27 \sqrt{g H} + c)$$

Die obige Annahme führt dagegen eine Vergrösserung der Druckhöhe ein, den Ausdruck unter eine etwas einfachere Form zu bringen, nimmt man an, dass

$$M = k b H \sqrt{\left(\frac{16}{9} g H + c^2 \right)}$$

was sich jedoch wohl nicht rechtfertigt.

Alles was hier über die Stauhöhe gesagt ist, bezieht sich auf den Fall, dass das Unterwasser den Wehrrücken nicht erreicht; wenn das Unterwasser dagegen höher steht, als der Wehrrücken, bildet sich ein sogenannter unvollkommener Ueberfall, man muss alsdann darauf Rücksicht nehmen, dass das vorhandene H die Niveaudifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser bezeichnet. Zwischen dem Unterwasserspiegel und dem Wehrrücken strömt aber ausserdem noch das Wasser unter gleichem Drucke fort, also mit einer Geschwindigkeit, die der erhaltenen Niveaudifferenz als Druckhöhe entspricht. Bei starken Anschwellungen pflegen die Wehre sich in unvollkommene Ueberfälle zu verwandeln, und die Hemmung des Wasserabflusses, die dadurch verursacht wird, nimmt mit der Zunahme des Wasserstandes immer bedeutender zu, man darf daher bei Untersuchung dieses Falles die Geschwindigkeit, mit der das Wasser vor dem Wehre ankommt, nicht unberücksichtigt lassen.

Auch durch Verengung des Strombettes können Analogien hervorgebracht werden, welche mit denjenigen, die durch Wehre verursacht sind, in ihren Wirkungen übereinstimmen,

320 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

und auf gleiche Weise, wie diese berechnet werden kann. Wenn das Wasser nämlich in einem unbeschränkten Strom her frei abfloss, später aber durch einen Einbau des Profils beschränkt wird, so wird die bisherige Geschwindigkeit nicht zur vollständigen Abführung des Wassers genügen. Dies muss also vergrößert werden, damit auch an dieser Stelle Abfluss dem Zuflusse gleich wird, oder der Beharrungsstand tritt. Dieses kann nur dadurch geschehn, dass das ankommende Wasser unmittelbar nach der erfolgten Veränderung des Profils aufgehalten wird, und anschwillt, bis eben durch diese Anschwellung diejenige Druckhöhe sich erzeugt, welche eine hinreichende Vergrößerung der Geschwindigkeit bewirkt, und dadurch die ganze Wassermasse abführt. Wenn man die ursprüngliche, auch die spätere Geschwindigkeit als bekannt voraussetzt, so ist die durch den Einbau verursachte Stauhöhe gleich der Differenz der beiden zu diesen Geschwindigkeiten gehörenden Druckhöhen, wobei aber zugleich auf die Vergrößerung der Wassertiefe Folge dieses Stauens Rücksicht genommen zu werden pflegt. Die Rechnung ist so einfach, dass sie nicht weiter ausgeführt werden darf, es tritt indessen dabei wieder der Zweifel ein, ob man eine Contraction annehmen darf, und wie gross ihr Werth wählen sei.

Viel schwieriger ist es die Stauweite oder die Entfernung zu bestimmen, bis zu welcher der durch ein Wehr oder eine Verengung des Stroms verursachte Stau sich aufwärts erstreckt. Dubuat hat diese Aufgabe schon zu lösen versucht, und man demselben auch heut zu Tage noch immer zu folgen, so ist es nöthig, den Gang dieser Untersuchung speciell bezeichnen.

Dubuat nimmt an *), dass das Flussbett, in welchem Stau erzeugt wird, nicht nur an sich ein gleichmässiges Gerinne, sondern auch verticale Seitenwände hat, so dass die Breite des Bettes, nachdem der Stau sich gebildet hat, noch immer die nämliche bleibt. Daraus folgt unmittelbar, dass an jeder Stelle die Geschwindigkeit umgekehrt der Tiefe proportional ist. Indem nun die Tiefe in der ganzen Ausdehnung des

*) *Principes d'Hydraulique* I. §. 150 — 157.

abwärts zunimmt, so muss in entsprechender Weise das Gefälle geringer werden, oder das Längenprofil des Flusses muss eine Curve bilden, deren concave Seite nach oben gekehrt ist. Man nimmt darauf an, die Form dieser Curve zu bestimmen. Sie ist unstreitig im obern Anfangspunkte des Staues in den unveränderten Wasserspiegel des Flusses über, so dass der letztere, im Längenprofile mit der an diesen Punkt der Curve gezogenen Tangente zusammenfällt. Eine zweite Tangente und zwar an das Ende der Curve stellt sich dar, wenn man an der Stelle, wo der Stau am grössten oder das Gefälle am kleinsten ist, also unmittelbar vor dem Wehre das Gefälle aufsucht und in der Richtung desselben durch den Wasserspiegel eine gerade Linie zieht. Wenn die Curve ein Kreis wäre, so würden beide Tangenten von ihrem gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte ab gesehen, gleich gross sein, und das Gefälle über diesem Durchschnittspunkte oder in der halben Länge der Stauweite müsste das arithmetische Mittel aus dem natürlichen Gefälle des Flusses und dem Gefälle vor dem Wehre sein. Unter Voraussetzung eines willkürlich gewählten Beispiels und unter der Annahme, dass das Wasser auch in diesem Falle, noch den Gesetzen der gleichförmigen Bewegung folgt, berechnet Dubuat die Wassermenge, welche in dieser mittleren Stelle unter Voraussetzung des Kreishogens abfliessen würde. Er findet dieselbe etwa um sechsten Theil grösser, als sie der Rechnung zum Grunde gelegt war, und hieraus schliesst er, dass die Curve wirklich kein Kreis, sondern eine andere Linie sei. Da diese aber weder eine Gerade noch eine Hyperbel sein könne, so müsse sie eine Ellipse sein. Für die beiden erwähnten Tangenten giebt er aber das Verhältniss in der Art an, dass die obere Tangente sich zur unteren wie 9 zu 10 verhalten soll. Hierauf beruht demnach die Regel, dass man die Stauweite findet, wenn man im Punkte des Staues eine Tangente an den Wasserspiegel legt, und diese bis dahin verlängert, wo sie den Wasserspiegel des Flusses in seinem natürlichen Zustande trifft, und die Länge derselben mit 1,9 multiplicirt. Bei der Anwendung dieser Regel muss es darauf an, das kleinste Gefälle, welches sich vor dem Wehre bildet, zu ermitteln: eine unmittelbare Messung desselben kann nur vorgenommen werden, wenn der Stau bereits existirt.

Gen., Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

322 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

Gemeinbin kommt es darauf an, die Wirkung des Wehres vor der Ausführung zu beurtheilen. Das Verfahren, welches hierbei zu wählen pflegt, besteht darin, dass man nach Vorst dem die Stauhöhe berechnet, und unter Zugrundelegung der Annahme, für die gleichförmige Bewegung des Wassers, am bekannten Querschnitte vor dem Wehre und aus der gegebenen Wassermenge das gesuchte Gefälle ableitet.

Man darf sich nicht wundern, wenn die Resultate einer solchen Weise geführten Rechnung mit der Erfahrung nicht einstimmen. In einigen mir bekannt gewordenen Fällen, zu behufe der Hebung des Wasserpiegels Wehre ausführte, die Wirksamkeit nach der von Dubuat angegebenen Regel berechnet hatte, ergab es sich, dass der Stau sich lange soweit aufwärts erstreckte, als man erwartete.

D'Aubuisson schlägt noch eine Vereinfachung in der stehenden Berechnungsart vor. Wenn nämlich β das ursprüngliche Gefälle des Flusses, und α dasjenige ist, welches durch das Wehre stattfindet, und wenn ausserdem H die Stauhöhe bezeichnet; so ergibt sich nach Dubuat die Stauweite

$$S = \frac{19 \cdot H}{\beta - \alpha}$$

D'Aubuisson meint, man könne α als sehr klein gegen β vernachlässigen, und um den dadurch eingeführten Fehler zu aufzuheben, solle man statt des Factors 19 die volle Zahl 19.62 führen. Man erhält alsdann den Ausdruck $2 \frac{H}{\beta}$. Die Grösse ist aber nichts anderes, als die sogenannte hydrostatische Stauweite, nämlich die Länge derjenigen horizontalen Linie, die durch die Stauhöhe vor dem Wehre soweit stromaufwärts geht, bis sie den ursprünglichen Wasserspiegel des Flusses erreicht.

Die Theorie, welche Fank *) über die Form des Wasserspiegels der Ströme aufgestellt hat, konnte nach dem was bereits mitgetheilt worden, mit Stillschweigen übergangen werden, da aber gerade diese Entdeckung in Frankreich Aufsehen erregte und selbst in d'Aubuisson's mehrfach citirtem Werke Erwähnung

*) Versuch der Darstellung der wichtigsten Lehren der Flusstechnik.

ten hat; so muss ich sie kurz berühren. Sie besteht darin, der Wasserspiegel der Flüsse im Längenprofile gemessen, soll aus parabolischen Bögen zusammengesetzt sein soll. Es ist sogar gesagt, dass zuweilen halbe Parabeln vorkommen. In speciellen Mittheilungen ergiebt es sich aber, dass selbst an zwei verengten Querschnitten nicht immer ein einziger Bogen, sondern zuweilen auch zwei mit einem „Wendungs-“ wie Funk sagt, angenommen werden müssen, und in der That zur siebenten Beobachtung erfährt man sogar, dass drittel Wasser die einzelnen parabolischen Bögen sehr kurz und so verschiedenartig ausfallen, dass sie bald die concave und die convexe Seite nach oben gekehrt haben. Wenn also dem Verfasser auch Glauben schenken, und den aufgestellten Satz benutzen will, so muss man zunächst durch eine grosse Anzahl von Messungen die Ausdehnung jedes einzelnen parabolischen Bogens aufsuchen, und wenn man hierüber ungewiss ist, muss man drei Punkte jedes Bogens messen, um die Lage des zugehörigen Scheitelpunktes und die Grösse des Bogens berechnen zu können, vorausgesetzt, dass die Achse der Parabel immer horizontal angenommen wird. Welchen Nutzen aus dieser Entdeckung ziehen kann, ist gar nicht abzusehn: wenigstens für ihre Richtigkeit ist aber nicht nöthig, da mit jedem kleinen Theile irgend welcher Curve ohnstreitig auch ein gewählter Parabelbogen zusammenfallen muss. Funk hat in der That keinen weiteren Beweis für den aufgestellten Satz, dass er versucht, an fünf Beispielen die Uebereinstimmung des Längenprofiles mit der Parabel nachzuweisen. Die Parabeln, die er dabei annimmt, sind dabei aber so ungünstig gewählt, dass man bei Anwendung eines methodischen Verfahrens eine weit grössere Uebereinstimmung mit jeder beliebigen Curve nachweisen kann: für die Kreislinie ist mir dieses schon vollständig gelungen, und zwar gerade an denselben Stellen, welche Funk für Parabeln hält.

Die von Girard bei Gelegenheit des Oureq-Canales aufgestellte Theorie^{*)}, dass das Längenprofil eines Flusses eine

^{*)} *Essai sur le mouvement des eaux courantes.* Paris 1864. — In der Beschreibung neuerer Wasserbauwerke, Seite 59 ff., habe ich

324 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

Kettenlinie bilden solle, glaube ich übergehen zu dürfen, diese Annahme, soviel ich weiss, nirgend Eingang gefunden und bei der Anwendung auf den erwähnten Canal auch schon durch die Erfahrung widerlegt wurde.

Die sämmtlichen Methoden, die man zur Berechnung der Stauweite in Vorschlag gebracht hat, sowie auch die sonstigen Hypothesen über die Form des Wasserspiegels entbehren jeder Begründung. Dagegen lässt sich die Erhebung des Wasserspiegels und zwar für jede beliebige Entfernung vom Wehre aus dem im Anfange dieses Paragraphen mitgetheilten gemeinen Ausdrucke für die ungleichförmige Bewegung des Wassers herleiten, und die Rechnung wird um Vieles erleichtert, wenn man auch das Resultat wahrscheinlich an Genauigkeit gewinnt, wenn man $\angle h^1 = 0$ setzt. In diesem Falle ist die Untersuchung folgender Weise zu führen.

Man betrachtet zuerst die nächst oberhalb des Wehres gelegene Stromstrecke, und zwar darf dieselbe nur so lang genommen werden, dass die sämmtlichen Profile derselben nur im Flächeninhalte, als in der Form nahe genug mit einander übereinstimmen. Die kleinen Abweichungen zwischen denselben gleicht man dadurch aus, dass man die mittleren Werthe von h und p einführt. Die Höhe des Wasserstandes unmittelbar dem Wehre, oder die Stauhöhe darf man nach dem, was mitgetheilt wurde, als bekannt ansehen, und man kann, wenn die erste Strecke nur eine geringe Länge hat, den Wasserspiegel ihr als horizontal annehmen, weil der dadurch eingeführte Fehler auf die Bestimmung des mittleren Profils keinen merklichen Einfluss behält. Indem nun die Wassermenge des Flusses gegeben sein muss, so kennt man auch die mittlere Geschwindigkeit und es lässt sich das absolute Gefälle der angenommenen Strecke berechnen. Sollte dieses sich so bedeutend herausstellen, dass das mittlere Profil der untersuchten Stromstrecke merklich grösser würde, als es unter der Voraussetzung der horizontalen Oberfläche gefunden wurde, so lässt die Rechnung

diese Theorie specieller mitgetheilt und zugleich nachzuweisen sucht, wie die Bedingungen der Kettenlinie unstatthafter Weise im Rasonnement und in den Calcul eingeführt sind.

berichtigen. Man kann also für die erste untersuchte den künftigen Wasserspiegel in das Längenprofil des eintragen. Dieselbe Untersuchung wird demnächst für eine Strecke geführt, und zwar darf man aus der bereits bekannten Neigung des Wasserspiegels jedesmal schon vorläufige schliessen, die sich in der nächst oberhalb belegenen bilden wird, und hiernach mit einer um so grössern Genauigkeit für das mittlere Profil den Wasserstand annehmen. Auf diese Weise berechnet man, und zeichnet zugleich für eine Strecke nach der andern den Wasserspiegel in das Längenprofil ein. Dieselbe lässt sonach unmittelbar entnehmen, wie hoch der Wasserspiegel an jeder Stelle ausfallen, und wie weit aufwärts er noch ansteigen wird. Eine scharfe Bestimmung des Punktes, an dem der neue Wasserspiegel mit dem frühern zusammenfällt, ist genaue Ermittlung der Stauweite ist freilich auf diesem Wege nicht möglich, dieselbe ist aber auch ohne allen praktischen Werth.

Obgleich die von Dubuat eingeführte Voraussetzung, dass der Wasserspiegel zwischen senkrechten Wänden eingeschlossen, und seine Stauweite constant ist, lässt sich die Aufgabe direct lösen, und die Formel für die Curve des Wasserspiegels hergeleitet. Geht man nämlich von dem einfachen Ausdruck für die Geschwindigkeit der Bewegung des Wassers aus:

$$c = k \sqrt{\alpha t}$$

wo c früher die mittlere Geschwindigkeit, α das Gefälle, t die Tiefe und k den constanten Factor bezeichnet, so verwerft man diese Formel, wenn man die Wassermenge M und die constante Breite b einführt, in

$$\left(\frac{M}{kb}\right)^2 = \alpha t^3$$

denjenigen Punkt im Strome, wo der Stau anfängt, sei der Punkt der Abscissen: man könnte eben so gut auch jeden andern Punkt wählen, und die Rechnung würde in keiner Beziehung davon betroffen werden: die getroffene Wahl rechtfertigt sich nur dadurch, als dadurch gleich ein bestimmtes Bild gegeben wird. Wenn man von einem Punkte stromabwärts zählt man die Abscissen oder die Ordinaten sind die zu jedem Profile gehörenden mittlern Tiefen oder t . Letztere stehen freilich nicht in aller Schärfe

326 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

auf der Abscissenlinie senkrecht, doch ist der Unterschied geringfügig, dass man ihn nicht weiter beachten darf. Die ältere Tiefe des Stromes vor der Erbauung des Wehres, also die im Anfangspunkte der Abscissen, sei gleich r , und die relative Gefälle an eben dieser Stelle: β bezeichnet daher zugleich die Neigung der Sohle des Strombettes. Das Gefälle des Wasserspiegels ist dagegen in dem durch die x gegebenen Punkte gleich α .

Hieraus folgt unmittelbar

$$\alpha = \beta - \frac{dt}{dx}$$

$$\text{also } \left(\frac{M}{kb}\right)^2 = \left(\beta - \frac{dt}{dx}\right) t^3$$

$$\text{oder } \left[t^3 - \frac{1}{\beta} \left(\frac{M}{kb}\right)^2\right] \beta dx = t^3 dt$$

Die Wassermenge, oder M ist für alle Profile dieselbe; dasjenige Profil, welches durch den Anfangspunkt der Abscissen gelegt ist, ergibt sie sich

$$M = k b r \sqrt{\beta r}$$

daher ist

$$\frac{1}{\beta} \left(\frac{M}{kb}\right)^2 = r^3$$

$$\text{folglich } (t^3 - r^3) \beta dx = t^3 dt$$

$$\text{oder } \beta dx = \frac{t^3}{t^3 - r^3} dt$$

Die Integration dieses Ausdrucks lässt sich am einfachsten durch Auflösung in eine Reihe ausführen, man findet nämlich

$$\beta dx = \left[1 + \left(\frac{r}{t}\right)^3 + \left(\frac{r}{t}\right)^6 + \left(\frac{r}{t}\right)^9 + \dots \right] dt$$

daher

$$x = \frac{t}{\beta} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{t}\right)^3 - \frac{1}{5} \left(\frac{r}{t}\right)^6 - \frac{1}{8} \left(\frac{r}{t}\right)^9 - \dots \right] +$$

Für $x = 0$, wird $t = r$. Die Constante ist daher durch die Reihe

$$0 = \frac{r}{\beta} \left(1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{5} - \frac{1}{8} - \frac{1}{11} - \dots \right) + \text{Const.}$$

gegeben: dieselbe convergirt indessen so schwach, dass man die Summe nicht berechnen kann. Die eigentliche Stauweite, x

wo die Veränderung des Wasserspiegels beginnt, lässt sich nicht angeben. Nichts desto weniger kann man die Differenzen zwischen je zwei Werthen von x finden, für welche bestimmte Wassertiefen, oder bestimmte Erhebungen des Wasserspiegels angenommen worden sind. Man ist also im Stande zu sein, wie weit derjenige Punkt vom Wehre entfernt liegt, bei dem der Wasserspiegel sich z. B. um 6 Zoll oder 3 Zoll um jede andere beliebige Quantität gehoben hat. Dieses ist die Frage, deren Beantwortung allein von wirklichem Nutzen während man wohl niemals ein Interesse haben kann, zu ermitteln, an welcher Stelle der Stau beginnt, oder wo er noch unendlich klein ist.

Je geringer die Erhebung des Wasserspiegels oder je kleiner angenommen wird, um so mehr nähert sich der Bruch $\frac{r}{t}$ der

Einheit und die Convergenz der Reihe wird um so schwächer. Man muss also eine grosse Anzahl von Gliedern in diesem Falle nehmen, und dabei verschwindet der Vortheil, den die Reihenentwicklung gewährt, so dass man leichter zum Ziele kommt, wenn man die Integration der vorstehenden Differenzial-Gleichung auf andere Weise bewirkt. Dieses geschieht durch Zerlegung in Brüche. Man erhält dadurch den Ausdruck

$$= t - \frac{1}{6} r \cdot \log. \text{natur.} \frac{t^2 - r^2}{(t - r)^2} - \frac{r}{\sqrt{3}} \text{Arc.} \left(\text{tgt} = \frac{2t + r}{r\sqrt{3}} \right) + C$$

Wenn $x=0$ wird $t=r$. In diesem Falle ist aber der Werth des

$$\frac{t^2 - r^2}{(t - r)^2} = \frac{0}{0} = \text{unendlich}$$

das Differenziale des Nenners früher, als das des Zählers Werth Null annimmt. Es lässt sich sonach auch nach diesem Ausdruck nicht die Constante, und ebenso wenig die ganze Stauhöhe berechnen. Man muss vielmehr wieder die Integration zwischen gewissen Grenzen ausführen, oder die für x gefundenen Reihe (worin die unendlich grosse Constante noch enthalten ist) miteinander vergleichen, oder ihre Differenzen suchen. Es ist dabei aber noch darauf aufmerksam zu machen, dass für die angegebenen Integrations-Methoden die Werthe der Constante nicht dieselben sind, woher man auch die Werthe von

328 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

$x - \text{Const.}$ nicht übereinstimmend erhält, wenn man nach beiden Ausdrücken rechnet. Wohl aber verschwindet diese Verschiedenheit, sobald man die Differenz zwischen je zweien solchen Werthen sucht, indem die Constante alsdann herausfällt.

Um diese Rechnungsart an einem Beispiele zu erläutern, wähle ich den Fall, dass ein Strom in seinem natürlichen Zustande das Gefälle $1:5000$ und die mittlere Tiefe von $2\frac{1}{2}$ Fuss hat. Durch die Anlage eines Wehrs hebt man seinen Wasserspiegel um 3 Fuss. Es ist sonach $\frac{1}{\beta} = 5000$

$$r = 2$$

und von dem Wehre $t = 5$

Suche ich nun die Werthe von $x - C$ für diejenigen Punkte, die mittlere Tiefe oder t gleich 5 Fuss, 4 Fuss, 3 Fuss, $2\frac{1}{2}$ Fuss und $2\frac{1}{4}$ Fuss ist; so finde ich nach dem letzten Ausdrucke

für $t = 5$	. . . . .	$x - C =$	15109 Fuss
$= 4$	. . . . .	$=$	9613 -
$= 3$	. . . . .	$=$	3364 -
$= 2,5$	. . . . .	$=$	771 -
$= 2,25$	. . . . .	$=$	3958 -

Die Abstände der Punkte, in welchen die letzteren Wasserstände stattfinden, vom Wehre sind demnach

für $t = 4$	. . . . .	$x - x' =$	5496 Fuss
$= 3$	. . . . .	$=$	11745 -
$= 2,5$	. . . . .	$=$	15860 -
$= 2,25$	. . . . .	$=$	19067 -

Hätte man nach dem ersten Ausdrucke oder nach der Reihenentwicklung gerechnet, so würde man die Werthe von x jedesmal um 9070 Fuss grösser gefunden haben. Für $t = 5$ und vollends $t = 2,25$ convergirt jene Reihe aber so wenig, dass man schon eine grosse Anzahl von Gliedern berechnen müsste.

Die vorstehend angegebene Methode zur Berechnung der Stauweite, oder vielmehr des Abstandes derjenigen Stellen im Flusse, woselbst der Wasserspiegel sich um bestimmte Quantitäten erhebt, ist gewiss viel sicherer, als das von Dubuat vorgeschlagene Verfahren, welches man gemeinhin auch jetzt noch befolgt, um den Einfluss der Wehre zu berechnen, welches sich aber, bereits erwähnt, durch die Erfahrung nicht zu bestätigen pflegt.

Auch die hier entwickelte Methode gründet sich auf zwei Voraussetzungen, die nicht richtig sind, nämlich einmal ist angenommen worden, dass der Ueberschuss der Geschwindigkeit, womit Wasser an jeder Stelle der aufgestauten Stromstrecke ansetzt, zur Ueberwindung derjenigen Widerstände, welche man in der allgemeinen Formel der gleichförmigen Bewegung berücksichtigt, nicht beiträgt, und der Effect desselben sich allein auf die Bildung der innern Bewegungen beschränkt. Wäre diese Voraussetzung nicht richtig, oder müsste man das obige Δh^1 noch führen, welches hier mit dem Minuszeichen in Rechnung zu kommen ist, so würde das Gefälle des Stromes geringer ausfallen, sonach müsste auch der Abstand des Punktes, in welchem gewisse Erhebung des Wasserspiegels stattfindet, dem Wehre vordrücken, oder die Stauweite sich geringer darstellen. Demselben ist auch die Annahme gemacht worden, dass die Breite des Stromes ohnerachtet der Erhebung des Wasserspiegels unverändert bleibt. Der Fehler der letzten Hypothese giebt sich wieder auf ähnliche Weise, wie der erste auf das Resultat zu erkennen. Man nämlich die Breite geringer setzt, als sie wirklich ist, wird das Profil zu klein, oder die mittlere Geschwindigkeit zu gering angenommen, woher ein stärkeres Gefälle sich herausstellt, als wirklich vorkommt, oder diese Voraussetzung giebt eben so, wie der erste, die Stauweite oder die Abstände jener Punkte zu gross an.

Beide Umstände verdienen eine nähere Erwägung. Was den ersten betrifft, so sind schon im Anfange dieses Paragraphen die Gründe angeführt worden, welche es rechtfertigen, wenn man die Verminderung der Geschwindigkeit unberücksichtigt lässt. Es giebt hierzu indessen noch einen andern Grund, und derselbe beruht darauf, dass die Wirkung jener verlorenen Geschwindigkeit, da sie auch in ihrer vollen Grösse sich darstellen sollte, dennoch höchst unbedeutend bleibt, so dass man sie jedesmal ohne solchen Fehler vernachlässigen darf. Es zeigt sich dieses schon an dem vorstehend gewählten Beispiele, obwohl darin das Gefälle des Flusses ganz ungewöhnlich klein angenommen ist. Nenne ich die Stellen, wo der Stau $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2 und 3 Fuss beträgt, mit I., II., III., IV. und V.; so ergiebt die Rechnung, dass die Constante k gleich 100, und sonach die Geschwindigkeit natürlichen Strome gleich 2 Fuss ist,

330 IX. Bewegung des Wassers in Strömen.

	mittlere Geschwindigkeit	Differenz	zugehörige Fallhöhe
	$= c = 2 \frac{r}{l}$		$= J$
I. . . .	1,78	—	—
II. . . .	1,60	0,18	0,0003
III. . . .	1,33	0,27	0,0010
IV. . . .	1,00	0,33	0,0017
V. . . .	0,80	0,20	0,0004
Summe		0,88	0,0043

Berechnet man ferner aus den gefundenen Entfernungen der Punkte I, II. u. s. w. von V. die Höhe des Flussbettes an diesen Stellen, und mit Rücksicht auf die angenommenen mittleren Wassertiefen auch die Erhebung des Wasserspiegels daselbst über den Wasserspiegel unmittelbar vor dem Wehre, so findet man die absoluten Gefälle bis zum Punkte V., oder die Gefälle, welche zwischen je zwei zunächst liegenden Punkten vorkommen.

	absolutes Gefälle gegen V.	zwischen je zwei Punkten
I. . . .	1,06	—
II. . . .	0,68	0,38 Fuss
III. . . .	0,35	0,33 —
IV. . . .	0,10	0,25 —
V. . . .	0,00	0,10 —
Summe		1,06 Fuss.

Vergleicht man diese Werthe der Gefälle mit denen in der letzten Columnne der ersten Tabelle enthaltenen, so ergibt sich, dass die Werthe von Δh^2 höchst unbedeutend sind, und durchschnittlich nur den 233. Theil von diesen betragen. Man darf daher mit Rücksicht auf die Unsicherheit in der Bestimmung des Werthes von r ohne Nachtheil den Einfluss der vorerwähnten Geschwindigkeit ganz unbeachtet lassen, wenn derselbe sich wirklich nicht vollständig durch die innern Bewegungen des Wassers vergrößern sollte.

Was demnächst die zu geringe angenommene Breite des aufgestauten Stromes betrifft, so kann der Einfluss derselben in den meisten Fällen auch nicht bedeutend sein. Dabei

Ist schon der Umstand in Betracht, dass eine starke Verengung der Breite, gewöhnlich eine Verminderung der mittleren Tiefe zur Folge hat, und hierdurch eine gewisse Ausbuchtung eingeführt wird. Ausserdem aber muss man auch darauf Rücksicht nehmen, dass in den meisten Fällen, und namentlich die Wehre im Schiffahrtsinteresse erbaut worden, die wichtige Frage sich darauf bezieht, wie weit sie zur Zeit der niedrigen Wasserstände wirken. Die Strombetten sind alsdann leervoll angefüllt, und das Wasser kann daher in Folge der Verengung noch merklich, und gemeinhin um mehrere Füsse ansteigen, ehe es sich stark ausbreitet. Dieses Verhältniss zeigt wenigstens fast immer im obern Theile des Staus, woselbst das Gefälle am stärksten ist. Weiter unterhalb, wo die Höhe grösser wird, tritt das Wasser leichter über die Ufer: diese Stelle pflegt aber das Gefälle schon nach der obigen Angabe sehr geringe auszufallen, die Quantität, um welche es ausgenommen worden, kann daher gleichfalls nicht bedeutend sein.

Aus diesen Gründen dürfte die angegebene Berechnungsart in den meisten Fällen wohl zu Resultaten führen, welche sich der wirklichen Erscheinung genügend, und jedenfalls viel besser anschliessen, als die bisher übliche Methode. Ich will zum Schlusse die Resultate anführen, welche man nach der gewöhnlichen Berechnung erhält. Das Gefälle unmittelbar vor dem Wehre oder an der Stelle, wo es am geringsten ist, findet man, wenn in der Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers die hier gegebenen Data eingeführt werden

$$\begin{aligned}\alpha &= \beta \left(\frac{r}{l} \right) \\ &= 0,0002 \cdot \left(\frac{2}{5} \right)^3 \\ &= 0,000\ 0128\end{aligned}$$

gerade Linie, welche in der Richtung dieses Gefälles aufwärts verlängert wird, trifft den ursprünglichen Wasserspiegel des Flusses in der Entfernung

$$z = \frac{H}{\beta - \alpha} = \frac{5 - 2}{0,0001872} = 16025 \text{ Fuss}$$

332 IX. Beweg. d. Wassers etc. 66. Ungleichf. Beweg

wo H wie früher die Stauhöhe bezeichnet. Die ganze Stau oder S ist aber nach Dubuat

$$S = 1,9 \cdot x = 30448 \text{ Fuss}$$

Nach der von d'Aubuisson angegebenen Regel würde sehr nahe dasselbe Resultat finden. Legt man nämlich den Stau vor dem Wehre eine Horizontale, so trifft dies frühern Wasserspiegel des Stromes in der Entfernung

$$x' = \frac{H}{\beta} = 15000 \text{ Fuss}$$

daher die ganze Stauweite

$$2 x' = 30000 \text{ Fuss}$$



Behnter Abschnitt.

g u l i r u n g d e r S t r ö m e .

§. 67.

Zweck der Stromregulirung.

Es ist schon oben nachgewiesen, dass die Ströme im natürlichen Laufe fortwährenden Veränderungen unterworfen sind. Durch das Abbrechen des einen und das Anwachsen des andern verlegt sich das Strombett unaufhörlich auf andere Stellen des Flussthales. Die Serpentinien, welche sich darin bilden und wieder selbst zerstören, tragen zu dieser fortwährenden Umlagerung des Stromlaufes wesentlich bei, und dieser Wechsel übt auch auf das ganze Flussthale den vortheilhaften Einfluss aus, dass eine gleichmässige Erhöhung desselben stattfindet. Sollten daher an irgendwelchen Stellen des Thales besonders tief sein, so können sie vermöge ihrer niedrigen Lage die Strömung des Wassers vorzugsweise zu sich und geben dadurch zu einer verstärkten Ablagerung des Materials und sonach zu ihrer eigenen Erhöhung selbst die Veranlassung.

Es ist gewiss nicht in Abrede zu stellen, dass viele Fälle vorkommen können und auch häufig eintreten mögen, in welchen das Flussthale theilweise in einen Sumpf verwandelt wird, ohne dass eine künstliche Anlage daran schuld ist: es geschieht aber häufiger, dass dergleichen Versumpfungen durch den Einfluss der Bodencultur oder anderer künstlicher Anlagen veranlasst werden.

Schon die Versumpfung der Thäler durch Stauwerke gehört hierher, ferner die starke Ablagerung desjenigen Materials, welches die Seitenzuflüsse in Folge der Zerstörung ihres natürlichen Uferschutzes dem Hauptstrome zuführen: selbst die Entleerung und Auflockerung der cultivirten Ackerfläche in Verbindung mit den Anlagen, welche die schnelle Abführung des Wassers aus derselben bezwecken, ist dabei von grossem Einfluss. Der wichtigste Umstand, der hier in Betracht kommt, bezieht sich aber

darauf, dass man die Thalfläche, welche möglichst nutzbar gemacht werden soll, nicht mehr der Veränderung, welche bisher das Ufer vorging, preisgibt, sondern an einzelnen Stellen den Kampf mit dem Wasser beginnt, und die Ufer zu fixiren sucht. Die Veränderungen des Strombettes werden dadurch keineswegs aufgehoben, sondern nur in ihrer bisherigen Regelmässigkeit gestört. Gleichzeitig leidet dadurch aber auch die bisherige ziemlich gleichmässige Ablagerung des Materials auf der ganzen Thalfläche, und noch weniger kann eine solche vor sich gehn, wenn durch hohe wasserfreie Dämme einzelne Theile des Thales den unmittelbaren Zutritte des Hochwassers ganz verschlossen werden. Der Strom führt nach wie vor, Material mit sich, und erodirt dadurch das Bette und zugleich denjenigen Theil der Thalfläche, der ihm zunächst liegt und den er überhaupt erreichen kann. Die abgeschlossenen Flächen hören aber auf anzuwachsen oder erhalten dadurch vergleichungsweise zu der übrigen Thalfläche und zugleich auch zum Strombette eine immer tiefere Lage, so dass ihre natürliche Entwässerung erschwert oder auch wohl ganz aufgehoben wird.

Bei dem überwiegenden Einflusse, den die Cultur des Bodens auf die Bewohnbarkeit und den Reichthum der Landschaft ausübt, muss man die Beförderung der Vorfluth, oder die Verhinderung der erwähnten Versumpfungen als den wichtigsten Zweck der Stromregulirung ansehen. Dieser Zweck lässt sich, wie die Erfahrung vielfach gezeigt hat, in den meisten Fällen sehr vollständig erreichen. Indem durch gehörig angeordnete Strombauwerke die Ablagerung des Materials im Bette selbst, und durch Benutzung der Strömung des Hochwassers, diese Ablagerung auch neben dem Bette verhindert wird, gelingt es nicht nur, den Ströme diejenige tiefe Lage, welche er gerade hat, zu erhalten, sondern man hat in manchen Fällen selbst mehr, als nöthig und wünschenswerth war, eine Senkung desselben hervorgebracht. Dass eine solche bei fortgesetzter Einwirkung auf denselben Zweck ununterbrochen zunehmen sollte, scheint sehr zweifelhaft und in allen sonstigen Erscheinungen im Widerspruche zu sein. Die Senkung kann, wie die Erfahrung lehrt, halbe Jahrhunderte hindurch langsam zunehmen, aber sie muss aufhören, sobald die einzelnen stellenweisen Verflächungen des Strombettes, welche

den Wasserabfluss hemmten, beseitigt sind. Ist dieses geschehen, so ist ein weiterer Erfolg dieser Art nicht mehr zu erwarten und das aus den obern Gegenden immer aufs Neue vom Oberrhein herbeigeführte Material muss nunmehr wieder eine gleichmässige Erhöhung des Bettes und der dem Hochwasser zugänglichen Ufer veranlassen, wodurch der Wasserstand im Gegensatz zur früheren Erscheinung wieder zu steigen beginnt.

Man hat diesen Erfolg wohl noch nie in einem Strome gesehen, dessen Regulirung man consequent verfolgte, aber da die Grundsätze der Stromregulirung erst in der neuesten Zeit mit Sicherheit erlangt haben, und die früheren Versuche theils ganz misglückt sind, so darf man sich auch nicht wundern, dass der letzte Erfolg sich bisher noch nicht gezeigt hat. Vorläufig kann man wohl erwarten, dass bei weitem die Hälfte unserer Ströme sich noch stark senken lässt, wenn man überhaupt einwirken will. Auch selbst da, wo durch eine Eindeichung der Stromthäler eine besorgliche Erhöhung des Wassers erzeugt ist, welche nicht nur die natürliche Entwässerung der Ufer unzmöglich macht, sondern einen Einbruch des Wassers in die tiefliegenden Flächen zur Seite immer befürchten lässt, so dieses namentlich in Holland der Fall ist, dürfte ein weiterer Strombau vorläufig noch wesentlich zur Verbesserung der Verhältnisse beitragen. Wenigstens giebt es in dem Holländischen Theile des Rheins und in dessen Armen noch so viele Stellen, an denen und so arge Unregelmässigkeiten, dass auf die Beseitigung derselben wohl zuerst hingewirkt werden müsste, wenn man die Sicherung des Landes befördern wollte, ohne die besten Culturverhältnisse aufzuheben, welche durch die Deiche erhalten sind.

Wenn man die Abführung des Wassers im Strome befördern will, so muss man auch die Anschwellungen, welche durch Eisgängen verursacht werden, zu verhindern suchen. Letztere sind an sich schädlich, hauptsächlich aber durch die Strömungen, welche aus dem gesperrten Strombette seitwärts über die Ufer einen Ausweg suchen. Diese reissen stellenweis den Boden ab, bedecken andererseits wieder die Aecker und Wiesen mit Sand und Kies, so dass deren Ergiebigkeit auf eine lange Reihe von Jahren und oft auf immer zerstört wird. Die Bildung der

Eisstopfungen ist zum Theil vom Zufall abhängig, jedenfalls aber sie aber sehr befördert durch scharfe Krümmungen und unregelmäßige Verengungen oder Verbreitungen der Profile, und in Folge der letzten auch durch mangelnde Tiefe des Stromes. Daher sind die Maassregeln, welche man zu ihrer Abwendung ergreifen muss, wesentlich dieselben, welche schon die Stromregulirung bedingen. Der Unterschied zwischen beiden liegt hauptsächlich darin, dass im ersten Falle nur das eigentliche Strombett oder das Profil des mittleren und kleinen Wassers, hier aber das Profil des Hochwassers, also das ganze inundirte Stromthal berücksichtigt werden muss. Es kommt daher die Lage der Deiche sehr wesentlich in Betracht. Ein grosser Uebelstand ist es, dass man dieselben überall früher und zwar sehr willkürlich angelegt hat, ehe man an die Regulirung des Stromes dachte. Man darf aber die Deiche wie fehlerhaft sie auch situirt sein mögen, gegenwärtig nicht entfernen noch verlegen, ohne den Wohlstand der dabei theilnehmenden Ortschaften aufs tiefste zu verletzen: sie bilden daher immer (am Rhein eben so wohl als an der Weichsel und Neisse) ein so unregelmässiges Fluthbett, dass eben dadurch die Ueberfluthungen zur Zeit der Eisgänge vorzugsweise veranlasst werden. Welche Rücksichten man bei der Anlage neuer Stromdeiche und bei der Verlegung derselben zu nehmen hat, soll später bei Gelegenheit des Deichbaues auseinander gesetzt werden.

Indem die Stromregulirung den Zweck hat, dem Bette der Ufern diejenige Gestalt und Richtung zu geben, welche verschiedenen Interessen am besten entspricht, so folgt hieraus schon, dass man den dargestellten Zustand des Stroms auch fest und ihn vor späteren Aenderungen sicher stellen muss. In dieser Beziehung ist es nothwendig, den Uferabbrüchen zu begegnen. Die Regulirung einer einzelnen Stelle ist, wie die Erfahrung häufig gezeigt hat, ohne allen Zweck, wenn ober- und unterhalb derselben starke Abbrüche eintreten und dadurch der Strom sich wieder so wesentlich verändert, dass der gehörige Ansehl auf die corrigirte Stelle aufhört.

Es ist schon früher davon die Rede gewesen, dass die Zusammensetzung des Ufers auf den Abbruch desselben von wesentlichem Einflusse ist: je weniger Zusammenhang die Erdtheile aus welchen das Ufer besteht, unter sich haben, um so leicht-

den sie vom Wasser gelöst und um so leichter erfolgt der Abbruch. Der sandige oder kiesige Boden, in welchem die alten Ströme Norddeutschlands ihre Betten eingeschnitten haben, ist besonders nachtheilig. Wenn man sich an diese Verhältnisse anlehnt und zugleich die Kosten und die Sorgfalt berücksichtigt, die bei uns erforderlich sind, um die Ufer auf denjenigen Stellen, dem Angriffe des Stromes besonders ausgesetzt sind, zu erhalten, so erlaubt man, wenn man neben andern Strömen, z. B. der Seine in der Umgegend von Paris, auf meilenlange Strecken kaum eine Spar von Uferabbruch bemerkt, obgleich auch hier schon gar nichts zur Erhaltung der Ufer oder zur Regulirung des Stromes geschehn ist. Eben dieser Umstand, der eine sehr schnelle Umgestaltung der Strombetten bei uns veranlasst, war wohl der Grund, weshalb die Mittel zur Darstellung und Erhaltung des brauchbaren Stromlaufes gerade in Norddeutschland am verschiedenartigsten versucht und mit grösserer Sicherheit, als anderswo erprobt sind. Der Rhein hat auch im obern Theile seines Laufes, von Basel abwärts, sandige oder vielmehr kiesige Ufer, die wenig Widerstand leisten. Minard führt an *), dass das Ufer des Rheins hier zuweilen in einem Jahre um 120 Meter (2 Ruthen) und sogar um 10 Meter (2½ Ruthen) in einem Tage zurückweichen. Wenn die ersten dortigen Versuche zur Bildung eines regelmässigen Stromlaufes, wie sie Defontaine sehr ausführlich beschrieben hat, wenig Erfolg hatten, und oft noch schlimmere Unordnungen herbeiführten, als diejenigen waren, die man beseitigen wollte, so rührte dieses wohl allein davon her, dass man den vorstehend als nothwendig bezeichneten Zusammenhang solcher Anlagen mit den vorhergehenden und nachfolgenden Stromstrecken nicht gehörig beachtet hatte, und von der Wirksamkeit eines einzelnen Baues sich zu viel versprach.

Durch die Deckung der Ufer wird ausserdem noch ein anderer Vortheil erreicht, der weniger das allgemeine, als das Privat-Interesse der einzelnen Uferanwohner betrifft: ihr Eigenthum wird vor Beschädigung und gänzlicher Zerstörung sicher gestellt. Dieser Umstand ist in vielen Fällen von geringer Wichtigkeit; wo nämlich der Strom oder der kleinere Fluss keine

*) *Cours de Construction*. Paris 1841. pag. 55.

Grenze des Besitzthums bildet, und etwa die beiderseitigen Ufer gemeinschaftliche Viehweide sind, da ist es von wenig Einfluss, ob das Ufer an einer Seite abbricht, insofern es in gleichen Masse auf der andern Seite wieder anzuwachsen pflegt, um die frühere Breite des Flusses sich aufs Neue dargestellt hat. Es erfolgt also im Ganzen kein Verlust an nutzbarer Fläche und der geringe Uebelstand, dass das neue Ufer in den ersten Jahren noch kahl und sonach nicht nutzbar ist, steht mit den Kosten der Uferdeckung in keinem Verhältniss. Ganz anders ist es aber, wenn der Strom, wie gewöhnlich die Grenze zwischen den einzelnen Besitzungen oder zwischen den Fluren verschiedener Ortschaften bildet. Für den Grundeigenthümer, der den Verlust erleidet, kann der Vortheil des gegenüber wohnenden Nachbarn keinen Ersatz bieten. In diesem Falle liegt es also im Interesse des Besitzers, die Deckung des abbrüchigen Ufers vorzunehmen. Gewöhnlich ist jedoch der augenblickliche Verlust sehr geringfügig im Verhältniss zu den Kosten des Baues, und der Grundbesitzer ist daher selten, und bei grösseren Strömen niemals geneigt, einen gefährlichen Uferbruch auszudecken.

Wie wenig ein solcher Bruch im ersten Entstehen auf den ganzen Stromlauf von Einfluss sein mag, so zeigt er dennoch sehr nachtheilige Folgen, sobald das Ufer immer weiter zurückweicht. Eine früher ganz regelmässige Stromstrecke kann hierdurch so verdorben werden, dass das allgemeine Interesse dabei endlich leidet, und der Bau, der mit Rücksicht auf seinen Zweck ursprünglich nur Uferbau gewesen wäre, wird jetzt Strombau. Es ist natürlich, dass durch diesen Umstand die Bereitwilligkeit des Uferbesitzers zur Ausführung des Baues noch vermindert wird, indem er schon beim ersten Beginne des Bruches die Hoffnung hegt, dass nach einiger Zeit der Staat den Bau übernehmen muss, und dadurch das Besitzthum, wenn auch vielleicht in einer geringeren Ausdehnung, als es ursprünglich hatte, gegen weitere Zerstörung doch vollkommen sicher gestellt werden wird. Diese Verhältnisse gehen überall zu den unangenehmsten Collisionen Veranlassung, und sie sind für den Baubeamten des Staats um so nachtheiliger, als nicht leicht ein Anderer so genau, als er die ganze unter seiner Aufsicht stehende Stromstrecke kennt, um so sicher wie er, es beurtheilen kann, wo gerade im allgewinn-

ein Strombau am nothwendigsten sei. Wo er aber einen projectirt und ausführt, da erregt der damit verbundene für das dahinter liegende Grundstück sogleich den Neid der andern Uferbesitzer, besonders wenn sie gleichfalls haben.

Erhaltung eines regelmässigen Stromlaufs ist wesentlich die Deckung der Ufer bedingt, und zwar nicht nur dadurch das Zurückweichen der Ufer stellenweise verhindert, sondern ausserdem noch durch die Abhaltung grosser Kiesmassen, die in diesem Falle in das Bette stürzen und selbe verflachen würden. Die gesetzlichen Bestimmungen sind in Bezug auf die Verpflichtung der Uferbesitzer zur Uferhaltung gewöhnlich sehr unbestimmt, so dass sie, wo sie wirklich ausgesprochen sind, häufig nur auf Verpfändung der Ufer angewandt werden können, wodurch ihr des Uferbruches nicht leicht zu beseitigen ist.

Die Verpflichtung des Staats zur Sicherung der Privatufer, soviel mir bekannt, nirgends; eine solche würde auch häufigen Opfern für den ersteren verbunden sein, denn solche Reclamationen und Entschädigungs-Ansprüche wiederholen sich. Nur in dem Falle, dass durch die Rauhheit des Stromes einzelne Uferstrecken bedroht werden, muss auch derselben, wenn es auch Privatufer sind, als wesentlich der Anlage angesehen werden. Im Allgemeinen ist der Grundbesitzer im Stande, die Erhaltung der Ufer zu befördern, wenn er kleine Reparaturen daran ausführt, und andererseits kann er durch unzeitige Benutzung des Ufers, namentlich wenn er das Vieh darin lässt, eine baldige Zerstörung der Werke veranlassen.

Der letzte Umstand macht die Uferbauten in ihrer Unterhaltung in ihrer ersten Anlage weit weniger kostbar, wenn sie dem Uferbesitzer obliegen: und wo dieses gesetzlich feststeht, ist es nicht weiter als Prägravirung angesehen werden, indem es Last ist, welche auf dem Besitzstande haftet. An manchen Orten findet dieses in der That statt, und der Vortheil davon ist sehr augenfällig in der viel regelmässigeren Gestaltung der Ufer zu erkennen. Um ein Beispiel für solche Verhältnisse anzuführen, erwähne ich die Werra im Kurhessischen

Gebiete. Es kann indessen leicht geschehn, dass der Bau, welcher zur Deckung eines Ufers erforderlich ist, mit dem Werthe des ganzen Besitzthumes gar nicht mehr im Verhältnisse steht, denselben vielleicht sogar übersteigt. Dieses würde eintreten, wenn ein schmaler Uferstreifen vom Besitzthume getrennt wäre: es ist an der Weser in der That vorgekommen, dass Uferstücken verschenkt worden sind. Es ist indessen klar, auch der Besitzer der dahinter oder der seitwärts liegenden Grundstücke bei dem Abbruche als mit betheiligt angesehen werden muss, der Bruch kann sich leicht bis in das entferntere Eigenthum ausdehnen. Hiernach begründet es sich, dass nicht sowohl der einzelne Besitzer, als die ganze Commune die Verpflichtung zur Deckung der Ufer treffen muss. In diesem Falle vertheilt sich die Last auf Mehrere und wird dadurch für den Einzelnen weniger drückend: es tritt dabei auch noch der Vortheil ein, dass die Deckung grösserer Uferstrecken im Zusammenhange ausgeführt und regelmässiger behandelt wird.

Die Verpflichtung bezieht sich indessen immer nur auf die Deckung der Ufer, oder auf den eigentlichen Uferbau: der Strombau oder die Regulirung des Stroms kann dem Uferbesitzer zur Last fallen. Der Unterschied zwischen beiden ist in manchen Fällen nicht zu verkennen, oft aber ist es sehr schwer, die Grenzen zu bezeichnen, und namentlich giebt der Umstand, dass ein blosser Uferbau endlich einen Strombau nothwendig macht, Veranlassung, dass der Staat, dem die Ausführung der letzteren obliegt, eine Einwirkung und namentlich eine genaue Controlle über die ersteren sich vorbehalten muss. Wenn aber die Kosten des Uferbaues so bedeutend werden, dass sie die Kräfte der Communen übersteigen und hierdurch eine Verzögerung oder ganzliche Unterlassung des Baues eintreten würde, so liegt es wieder im Interesse des Staats, durch Beihilfe die Ausführung zu beschleunigen und dadurch grössere Opfern von seiner Seite abzuwenden. Dieses Mittel, obgleich unverkennbar einige Vortheile dabei stattfindet, bietet dennoch wie es scheint den angemessenen Ausweg. Die Verpflichtung zur Uferdeckung bleibt alsdann geltend, und die Interessenten werden unter allen Umständen nicht ganz entbunden. Sie müssen sogar um so mehr, je länger sie die Ausführung verzögert hatten, oder je

Uebel geworden war. Hiernach ist es Vortheil für sie, den nach gleich im Entstehen zu beseitigen. Die Beihülfe von dem des Staats bezieht sich zunächst darauf, dass geübte Strom- oder Krihhmeister zur Beaufsichtigung des ganzen Baues auch wohl zur Ausführung einzelner Arbeiten gegeben werden: nächst kann auch das Material, wenn die Gemeinde dieses besitzt, aus den Staatswaldungen oder durch Ankauf auf öffentliche Kosten beschafft werden. Für die Anfuhr desselben die Stellung der nöthigen Arbeitskräfte, sowie auch für die Erhaltung der Werke, muss in der Regel die Gemeinde selbst thun. Auf diese Weise verschwindet die übermässige Belastung Uferbewohner, der Strom wird in gutem Stande erhalten, und endlich wird, soweit es geschehn kann, jede Veranlassung beseitigt, wodurch die ausgeführten Werke beschädigt werden könnten. Die gehörige Befestigung des Ufers führt aber einen gesicherten Besitzstand herbei, und die Ueberlassung der Uferungen bietet ausserdem noch oft den Uferbesitzern eine sehr hügelige Entschädigung für die gebrachten Opfer. In dieser Weise ist in dem untern Theile der Preussischen Weser die Verhältnisse regulirt worden, und zwar so günstig, dass die Uferdeckung in wenigen Jahren beinahe vollständig durchgeführt ist, und im gemeinen die Kräfte der Anwohner dabei gar nicht in hohem Masse in Anspruch genommen werden dürfen.

Ein dritter Umstand, der sehr oft und bei grossen Strömen gar am häufigsten die Regulirung veranlasst, ist das Schiff- fahrts-Interesse. Soweit das Strombette selbst dabei in Betracht kommt, erfordert die Schifffahrt vorzugsweise eine hinreichende Wassertiefe, zugleich aber muss das Fahrwasser die nöthige Breite haben und von scharfen Krümmungen frei sein. Auch dürfen zu heftige Strömungen oder gar förmliche Wasserfälle darin nicht vorkommen. Diese Anforderungen sind nur zum Theil mit denjenigen, welche die Entwässerung des Flusses betreffen, zu vereinigen. Eine Untiefe, welche sich an einer solchen Stelle bildet, ist in beiden Beziehungen nachtheilig. So wird durch grosse Verbreitung oder durch Spaltung des Stromes die Tiefe vermindert, und zugleich werden die Ufer durch eine Zurückführung der Breite auf deren angemessene Grenzen ist also in jeder Beziehung nothwendig. Wenn man aber

auf grosse Strecken, welche starkes Gefälle enthalten, Förderung des Abflusses die Vertiefung des Bettes bewirkt, so kann dadurch leicht der Wasserstand so gesenkt werden, dass die oberhalb belegene Strecke für den Betrieb der Schiffe seicht wird, wodurch die vorgenommene Regulirung mehr theil als Vortheil herbeiführen kann. Dasselbe tritt auch ein, wenn man durch Geradleitung des Stromes eine Verkürzung seines Laufes bewirkt. Den letzten Umstand zunächst untersuchen.

Ich habe schon bei Gelegenheit der Entwässerungen (§. 28.) nachgewiesen, welcher wesentliche Nutzen aus Verkürzung des Stromlaufes in Bezug auf die Senkung des obersten Wasserspiegels erreicht werden kann, aber gerade der Umstand, der für die Entwässerung so nützlich ist, kann in gleichem und selbst noch grösserem Maasse für die Schiffahrt schädlich werden. Zuweilen meint man wohl, dass die Verkürzung des Weges auch für den Betrieb der Schiffe vortheilhaft sein müsse, aber dieser Vortheil ist so gering, dass die Opfer, durch welche er erkaufte wird, leicht grösser sind. Der Schiffer legt mit geringerem Zeitaufwande und mit geringeren Kosten den Umweg von einer Meile zurück, als eine eintiefere Stelle verursacht, vor welcher er zu Anker gehen muss. Das Schiff so weit lichten muss, bis es herüber zu bringen ist, das Ueberfahren einer starken Stromschnelle, wozu doppelt so viel Spannung erforderlich ist, stellt sich in ähnlicher Weise als unbequemer heraus, als ein geringer Umweg. Die Uebelstände werden indessen nur in dem Falle durch Geradleitung des Flusses herbeigeführt, wenn die Niveaudifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser sehr bedeutend war, und derselben eine starke Senkung des obersten Wasserspiegels bewirkt. Doch auch in diesem Falle geben sich die Uebelstände nicht zu erkennen, wenn die nächst oberhalb belegene Stelle eine überflüssige Wassertiefe hatte, so dass sie der Senkung unerschattet die nöthige Fahrtiefe behält.

Eine Krümmung ist für die Schifffahrt wirklich schädlich, wenn sie so scharf ist, dass das Schiff nur mit Mühe herumgebracht werden kann; so geschieht es an der obern Elbe, weil, dass die Schiffe mit dem vordern und zugleich

am Ende das eine Ufer, und in ihrer Mitte beinahe das andere berühren: man darf sich hier wegen des starken Gefälles nur darauf beschränken, die Krümmungen in einem etwas strecken Bogen auszuheben, die Durchstechung der oft nur sehr tiefen Landzungen zwischen den beiden Schenkeln der Serpentine ist eine zu nachtheilige Senkung des Oberwassers veranlassen.

Ausser den beiden erwähnten Gründen giebt es noch andere, zuweilen die Geradleitung eines Stromes wünschenswerth erweisen lassen. Der Gewinn an kulturfähiger Fläche ist als sehr wichtig angesehen, wenn der alte Stromlauf viel besser, als der neue ist. Dieser Gewinn tritt aber gemeinhin erst nach einer langen Reihe von Jahren ein. Neben dem Rheine kann man noch jetzt manche alte Arme, die seit hundert Jahren darüber aufgehört haben, eigentliches Strombett zu sein. In der obern Mündung erfolgte die Verlandung ziemlich schnell, am der untern blieb sie nicht aus, aber der mittlere Theil des Laufes, der eben dadurch dem freien Zutritte des Wassers zum Eintreiben der erdigen Theile entzogen wurde, hat sich unverändert seine ursprüngliche Gestalt behalten. Der oberer Durchstich dicht oberhalb Xanten wurde 1700 ausgeführt, der alte Arm ist wenigstens zur Hälfte seiner Länge noch über das Wasser heraufgewachsen.

Endlich ist die Uferdeckung in den scharfen Stromkurven gemeinhin ausserordentlich schwierig, und wenn die Ufer nicht gehalten werden, so ist das Bett unaufhörlichen Veränderungen und Verflüchungen ausgesetzt, welche wieder leicht Ueberschwemmungen verursachen können: diese Umstände sind häufig Veranlassung zur Ausführung der Durchstiche. Man darf sich nicht erwarten, dass dadurch mit einem Male diese Uebelstände verschwinden werden. Der Durchstich erhält gewöhnlich ein starkes Gefälle, es bildet sich daher in ihm eine heftige Strömung, welche kostbare Anlagen zur Deckung der Ufer nothwendig macht. So erforderte der eben erwähnte Bislicher Durchstich sogleich sehr ausgedehnte Arbeiten dieser Art, und ein anderer Durchstich im Preussischen Antheile des Rheins, der sogenannte Budericher-Canal neben Wesel, der schon 1785 gegraben wurde, aber wegen der geringen Verkürzung des Stromlaufes erst später sich zum Hauptarme ausbildete, hat eine zusammen-

hängende Deckung der Ufer erforderlich gemacht, die gewiss kostbarer geworden ist, als wenn man das alte bedröhte Ufer unmittelbar ausgedeckt hätte. Unterlässt man aber die Sicherstellung der neuen Ufer, so erzeugen sich bald wieder dieselben Unordnungen, die man eben beseitigen wollte. Minard erbaute dass der Oise beim Dorfe Thourotte ein gerader Lauf gegeben wurde: der sich aber nicht erhielt; die Oise griff wieder die Ufer des Canals an, und zerstörte sie dergestalt, dass sie erst durch fortgesetzten Abbruch genau in das alte Bette zurückkehrte.

Es sind indessen bei solchen Anlagen keineswegs nur die Ufer des Durchstiches selbst gegen Abbruch zu schützen, sondern der Durchstich bildet sich nur nach und nach zum Hauptarm oder zum eigentlichen Strombett aus, und nur in dem Masse, als dieses geschieht und der alte Stromlauf verlandet, erhalten die Ufer des letzteren einen natürlichen Schutz. Man darf sich keineswegs mit der Hoffnung schmeicheln, dass die kostbare Unterhaltung der Ufer in der Serpentine gleich aufhören werde, sobald der Durchstich ausgeführt ist. Ein dritter Durchstich im Unter-rhein, der Griether-Canal, wurde 1820 eröffnet, und obgleich sich jetzt vollständig zum Hauptarme ausgebildet hat, so erfordert das Dornicker Ufer in der durchstochenen Serpentine noch während eine sehr kostbare Unterhaltung.

Endlich veranlasst der neue Stromlauf wegen der veränderten Richtung und Geschwindigkeit auch in der unterhalb und oberhalb gelegenen Stromstrecke leicht Angriffe des Ufers. Insofern es aber nicht durch die Wirkung des natürlichen Stroms, sondern durch eine künstliche Anlage veranlasst werden, so richtet der Grundbesitzer wegen jedes Uferabbruches, der dadurch herbeigeführt oder befördert zu sein scheint, Entschädigungsforderungen an den Staat, der den Durchstich ausführen liess. In der oberhalb gelegenen Stromstrecke pflegt die Richtung der Strömung gar nicht verändert zu werden, wenn der Durchstich zweckmässig angeordnet war, aber wohl ändert sich hier die Stärke der Strömung, vorausgesetzt, dass überhaupt das relative Gefälle ansehnlich vermindert wird. In der nächsten Zeit beschränkt sich das starke Gefälle auf den Durchstich selbst, sobald aber hier die Vertiefung eingetreten ist, nimmt der Strom auch oberhalb ein grösseres Gefälle und zugleich eine grössere Geschwindigkeit an, und dadurch

ist nachtheilig auf die Ufer einwirken. Glücklicher Weise ist die Vermehrung des relativen Gefälles so unbedeutend zu sein, dass sie sich nicht weit zu erkennen giebt. In höchst seltener Weise geschah dieses aber, als die Weichsel im Februar bei dem Dorfe Neufähr nach der See durchbrach und ihren Lauf um zwei Meilen abkürzte. Das oberhalb der neuen Mündung belegene Dorf Bohnack wurde so sehr in Angriff ver-
setzt, dass mehrere Gebäude schnell abgetragen werden mussten, und die verstärkte Strömung hat sich seitdem viel weiter aufwärts gehat und vielleicht noch nicht ihre Grenze erreicht.

Alle diese Umstände, verbunden mit der in solchen Fällen wiederholten, aber wohl noch niemals nachgewiesenen Erfahrung, dass auch unterhalb des Durchstiches die Strömung nicht vermindert werde, lassen es höchst bedenklich erscheinen, in einem Flusse eine Geradleitung vorzunehmen. Es können freilich Fälle vorkommen, wo der Nutzen eines solchen Unternehmens in Bezug auf die Entwässerung und Culturfähigkeit der angrenzenden Gegenden überwiegend ist; aber immer wird es nöthig sein, die Vortheile und Nachteile vorher genau zu untersuchen, und den Ein-
fluss der Anlage auf alle Umstände zu prüfen. Ein grossartiges Beispiel für das Gelingen einer solchen Anlage bietet die lange Gerad-
leitung des Rheins am Oberrhein, welche seit 1817 in Baden
ausgeführt ist. Die nähere Beschreibung derselben würde zu weit führen, wenn von der Ausführung der Durchstiche die Rede
ausgetheilt werden; hier bemerke ich nur, dass das relative Gefälle des Rheins weder in den Stromkrümmungen, noch in den
geraden Abschnitten bedeutend war, woher sich weder eine heftige Strömung, noch auch eine für die Schiffahrt nachtheilige Senkung
des Wasserspiegels darstellen konnte.

Was die Beseitigung der Untiefen im Strombette betrifft, darf man nicht hoffen, dass dieselben für immer verschwunden werden, wenn man sie einmal durch künstliche Aufräumung beseitigt hat. Besteht die Verflachung aus demselben Material, welches der Strom gewöhnlich mit sich führt, und wird die Ursache nicht aufgehoben, welche die Ablagerung desselben gerade an dieser Stelle veranlasste, so muss man besorgen, dass beim nächsten Hochwasser oder bei anderer Veranlassung die flache Stelle in ganz gleicher Weise sich wieder ausbilden wird, wie sie

früher bestand. Nur in dem Falle, wenn das Bett durch ragende Felsen, oder auch wohl durch besonders grosse Steine oder Baumstämme u. dergl. verengt wurde, darf man sich der Aufräumung einen dauernden Erfolg versprechen. Das geschieht auch noch, wenn man durch andere Anlagen die Richtung des Stroms gleichzeitig verändert und denselben in künstlich eröffnete Fahrwasser leitet. Hat man dabei nicht die Strömung des kleinen Wassers, sondern auch die des Hauptwassers gehörig berücksichtigt, so wird die ausgebagerte Rinne sich nicht nur erhalten, sondern auch verbreiten und sich zum eigentlichen Stromschlauche ausbilden. Man hat aber gerade durch die Eröffnung solcher Rinnen die Wirkung der anderen Strom-Regulirungswerke ausserordentlich befördert und das Schiffahrts-Interesse erfordert es häufig nothwendig, neues Fahrwasser vorher zu eröffnen, ehe das alte verbannt. In diesen Fällen sind Aufräumungen des Bettes nicht angemessen, sondern sehr nützlich und selbst nothwendig: wenn man aber die Sand- und Kiesbänke aus dem Fahrwasser durch Baggerung entfernen will, ohne zugleich durch gleichzeitige Regulirung des Stroms ihr Wiedererscheinen zu verhindern, so ist der Erfolg nur temporär, und man muss nach kurzen Zwischenräumen, gewöhnlich nach jedem Hochwasser, die Arbeit aufs neue vornehmen.

Die erwähnten Verhältnisse werden gemeinhin nicht beurtheilt. Besonders haben die Nachrichten in den öffentlichen Blättern über die Schiffbarmachung der Clyde viel dazu beigetragen, dass man in Deutschland glaubt, der Nutzen der blossen Baggerung eines Flusses sei in diesem Falle bereits erprobt. Baggermaschinen wurden freilich hierbei auch angewendet, vielleicht gerade hier zum ersten Male mit Benutzung der Dampfkraft in einem vorher noch nie versuchten Maassstabe. Dennoch diente die Baggerung nur dazu, um das hochgehildete Strombett von einzelnen sehr fest abgelagerten Bänken frei zu machen. Die Hauptsache beim ganzen Unternehmen, wie Telford dieses ausführlich beschreibt, die Einschränkung und Verstärkung des Stroms durch neue Ufer. Hierdurch allein wird dem Wiedererscheinen der Untiefen vorgebeugt, und der selbst wirkte sogar viel kräftiger auf die Vertiefung seines

die Baggermaschinen. Da Beispiele aus England bei uns besonders beachtenswerth angesehen werden, so will ich ein über die Baggerung der Themse vor Woolwich nach der (Anglo-) Nautical Magazine *) anführen: „Es ist eine auf-
 Thatsache, dass die Baggerung der Themse vor Wool-
 in den Jahren 1808 bis 1816 die enorme Summe von
 10 Pfund Sterling gekostet hat, und dennoch der Strom
 derselben schlechten Zustande blieb, wie er sich immer be-
 hatte. Der Schlamm und feine Sand häuft sich sogar
 mehr an, statt abzunehmen. 1816 allein wurden hierzu
 10 Pfund, und es werden noch jährlich im Durchschnitt
 10 Pfund verausgabt, ohne dass man einen Erfolg wahr-
 kann.“

Bei stehendem Wasser, wo die Ursache zur Bildung der Un-
 ganz fehlt, oder so geringe ist, dass sich die Tiefe nur
 langsam vermindert, ist die Baggerung von dauerndem Erfolge:
 kommen aber, in welchen eine gewisse Tiefe und stellenweise
 eine überflüssige Tiefe sich immer von selbst darstellt, muss
 das regelmässige Strombett durch die Benutzung der Kraft
 Stromes selbst darstellen, und dieses geschieht, indem man
 jene Umstände entfernt, welche bisher an einzelnen Stellen
 Bildung einer hinreichenden Tiefe verhinderten. Die Aufgabe
 ist also darin, den Strom so zu leiten, dass er selbst die
 nöthige Tiefe oder sonstige Gestaltung seines Bettes erzeugt:
 wenn dieses erreicht wird, darf man hoffen, die günstigen
 Thatsachen, wenn sie auch auf andere Art herbeizuführen wären,
 zu erhalten.

Sobald man indessen eine Untiefe beseitigt und eine regel-
 mässige, gehörig breite und tiefe Rinne durch dieselbe darstellt,
 tritt sogleich der Erfolg ein, dass der Wasserspiegel
 auf der obern Strecke sich etwas senkt. Indem aber diese Rinne
 sich allmählig zu nimmt, jemehr ihr Querprofil dem ganzen Profile
 Stromes sich nähert, so folgt daraus wieder, dass diese
 Erscheinung sich vorzugsweise bei kleinem Wasser zu erkennen geben

Nautical Magazine. Juli 1840. aufgenommen in *Brooks Treas-*
ure for the improvement of the navigation of Rivers. London 1841.

wird, also gerade in der Zeit, wenn die Verminderung der Wassertiefe für die Schifffahrt am nachtheiligsten ist. Dass solche Folge bei Stromregulirungen wirklich eintreten, ist schon (§. 57) nachgewiesen worden: als ein sehr auffallendes Beispiel in dieser Beziehung will ich noch die gegen das Ende des vergangenen Jahrhunderts ausgeführte Vertiefung der Aller in Preussen erwähnen. Der Fluss hatte stellenweise eine hinderliche Tiefe für kleinere Fahrzeuge, er wurde aber vielfach durch Anhäufungen von grossen Granitblöcken gesperrt, welche den der Schifffahrt unmöglich machten. Man fasste die Idee, eine weitere Untersuchung des Gefälles, die einzelnen Steinriffe zu seitigen und zwischen denselben ein Fahrwasser von hinreichender Breite und Tiefe zu eröffnen. Mit den obersten Riffen dieses Anfangs auch vollständig, aber wie man mit der Zeit weiter stromabwärts kam, so senkte sich natürlich der Wasserspiegel in der obern Stromstrecke immer mehr, und die Steinblöcke, welche früher so tief lagen, dass sie nicht bemerkt zu werden brauchten, erschienen nunmehr wieder in der Tiefe unter dem Wasser und bildeten ein neues Hinderniss für die Schifffahrt. Als die Arbeit endlich beendigt war, zeigte es sich, dass dadurch gar nichts gewonnen sei, denn die tiefer liegenden Steine hemmten wieder sehr genau in derselben Weise den Strom der Schifffahrt, als es vorher die obere gethan hatten.*)

Betrachtet man den oben (§. 65) entwickelten Ausdruck

$$h = \frac{1}{k^2} \cdot \frac{M l}{b^2 t^3}$$

so ergiebt es sich, dass der Werth des absoluten Gefälles h , wenn auch die Wassertiefe oder t vermehrt wird, sich nach zwei verschiedene Arten in seiner Grösse erhalten, oder sogar vergrössern lässt. Einmal geschieht dieses durch Vergrößerung des Stromlaufes oder Vergrößerung von l , und zum andern durch Verminderung der Breite oder b .

*) Der Geheime Ober-Baurath Cochius, der als Bau-Commissar diese Arbeiten ausführte, hat das dabei angewendete Verfahren des Sprengens der grösseren Blöcke in der Sammlung nützlicher Anekdoten und Nachrichten, die Baukunst betreffend, beschrieben. Jahrgang 1801, Theil II. Seite 72 ff.

Dies erste Mittel bezieht sich zunächst darauf, dass man nämlich Stromkrümmungen oder Serpentinaen bildet: dieses zuweilen vorgeschlagen, aber wohl nie ausgeführt worden. Aus uns hierbei indessen darauf aufmerksam machen, dass die Krümmung des Stroms noch in einer andern Art, die sich aus der Formel nicht zu erkennen giebt, auf die Verminderung der Geschwindigkeit oder bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit auf Vergrösserung des Gefälles hinwirkt. Dieses geschieht durch stärkere Zerstörung der lebendigen Kraft des strömenden Wassers, welche durch die Aenderung der Richtung veranlasst wird und sich in den viel lebhafteren inneren Bewegungen zu zeigen giebt. Directe Beobachtungen hierüber sind mir nicht bekannt geworden.

Ausserdem aber tritt bei Strömen, welche abwechselnd sehr starke und sehr schwache Gefälle haben, wodurch sich namentlich Bergströme charakterisiren, auch noch die Möglichkeit ein, den Werth von l zu vergrössern oder das starke Gefälle auf eine grössere Länge des Stroms zu vertheilen, und dieses ist nicht nur thunlich, sondern pflegt noch vollständig zum Zwecke zu führen. Wenn man nämlich eine starke Stromschnelle beseitigen will, in welcher eben das grosse Gefälle eine heftige Geschwindigkeit und dadurch wieder eine starke Reduction des Wassers und der Tiefe erzeugt, so lässt sich die grössere Tiefe herstellen, wenn man oberhalb oder unterhalb der Stelle eine Einschränkung des Stromes vornimmt. Durch diese wird das Profil abgemindert und folglich eine grössere Geschwindigkeit erzeugt: die Bildung der letzteren ist aber ein grösseres Gefälle erforderlich, welches einen Theil des früheren starken Gefälles an der corrigirenden Stelle aufhebt. Die Schifffahrt gewinnt bei diesem Verfahren in doppelter Beziehung, es stellt sich nämlich eine grössere Wassertiefe dar, und ausserdem wird die Geschwindigkeit noch weniger heftig, als sie früher war. Es ist von dieser Corrections-Methode an der Mosel verschiedentlich Gebrauch gemacht worden, wie z. B. neben dem Städtchen Cochem, und wenn gleich die ersten Einschränkungswerke ohne allen Zweck zu sein scheinen, da sie in fast stillstehendem Wasser erbaut wurden und desshalb Anfangs gar keine Einwirkung auf den Strom bemerken liessen, so stellte sich eine solche doch während des Fortschreitens

der Arbeit ein, und die Strömung wurde endlich vor diesen eben so kräftig, wie sie an derjenigen Stelle blieb, wo fröhliche ganze Gefälle concentrirt gewesen war.

Führt man eine solche starke Einschränkung unterhalb einer Untiefen Stelle aus, so hebt man in dieser den Wasserspiegel vergrößert dadurch die Wassertiefe. Dieses ist besonders vortheilhaft, wenn die Untiefe aus einem durchstreichenden Riffe besteht, welcher sonst wegg gesprengt werden müsste. weit von Coblenz auf den sogenannten Weissen-Layen Mosel ist hierdurch in Verbindung mit Sprengungsarbeiten brauchbares Fahrwasser gebildet worden, welches die Schiffe bei sehr kleinem Wasserstande im Rhein jetzt sicher fahren können, während früher die vielen vorragenden Felsen, auf die sie durch den heftigen Strom leicht aufgestossen wurden häufigen Unglücksfällen Veranlassung gaben.

Gewissermassen stellt sich bei jeder Beseitigung einer Einschränkung ein Erfolg ein, der mit der Vertheilung des Gefälles an der grössere Stromlänge zusammenhängt. Die Senkung des Wasserspiegels in der nächst oberhalb belegenen Strecke bedingt in derselben eine grössere Geschwindigkeit, und diese wieder ein grösseres Gefälle. Auf solche Weise können einzelne Regulirungen besonders wenn sie an sich keine starke Verminderung des Gefälles herbeiführen, auch nicht weit stromaufwärts die Senkung des Wasserspiegels ausdehnen, und man kann sie an mehreren Strömen, die nur hin und wieder mit Untiefen versehen sind dazwischen grössere Tiefe haben, unbedenklich vornehmen.

Endlich ergibt es sich aus der vorstehenden Formel, dass durch Verminderung der Breite sich das Gefälle nicht in seiner Grösse erhalten lässt, wenn gleich die Stromlänge zunimmt. Man bemerkt freilich, dass zu diesem Zwecke die Strombreite in stärkerem Verhältnisse reducirt werden muss, als die Tiefe vergrößert. Ein grosser Uebelstand, der den beabsichtigten Zweck leicht aufhebt, ist in diesem Falle eine zu starke Vermehrung der Tiefe, welche bei leichtem Boden sich nur durch die Senkung desselben verhindern lässt. Die starke Vertiefung ist aber nur insofern nachtheilig, als sie den Wasserspiegel in entsprechender Weise senkt, sondern sie hat auch gewöhnlich die Zerstörung der Einschränkungswerke zur Folge. Die sogenannten Bänke

... welche eine Erhebung des Wasserspiegels in der ersten Weise zum Zweck haben, erfüllen denselben nur, wenn Strombett zwischen ihnen sehr fest ist und dadurch eine weitere Senkung unmöglich wird. Ausserdem sind sie für die Schiffahrt meist sehr unbequem.

Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, dass man bei Stromregulirungen keineswegs jeden beliebigen Erfolg herbeiführen kann, obgleich ist vielmehr durch äussere Verhältnisse und namentlich die Wassermenge des Flusses und durch das Gefälle streng begrenzt, so dass gewisse Grenzen, die oft ziemlich nahe liegen, überschritten werden können. Wenn es Absicht ist, durch vorzunehmende Regulirung die Vorfluth zu befördern, so hängt die Senkung des Wasserspiegels vorzugsweise vom Gefälle des Flusses ab, und wenn dieses an sich schon sehr geringe ist, wird die Senkung auch nie bedeutend ausfallen. Andererseits, wenn man die Schiffahrt erleichtern und zur Zeit des kleinsten Wassers eine grössere Fahrtiefe darstellen will, so lässt sich durch eigentliche Stromregulirung, das heisst ohne dass man Wehre oder andere ähnliche Anlagen ausführt, die eine künstliche Annäherung des Wasserspiegels bezwecken, gemeinhin die Tiefe stark vergrössern. Es geschieht nicht selten, dass in der natürlichen Ablagerung der Sandbank zur Zeit des kleinen Wassers eine Rinne von derselben Tiefe schon vorhanden war, welche nach erfolgter Regulirung das Bett annimmt. In Bezug auf die Tiefe scheint in solchem Falle wenig gewonnen zu sein, aber ein grosses Vortheil, den die Schiffahrt aus der Correction des Wasserspiegels zieht, besteht darin, dass diese Tiefe jetzt wirklich nutzbar worden ist, während die frühere es nicht war, indem das grosse Wasser auf eine enge und dabei vielleicht noch gekrümmte oder sehr schräge gegen den Strom gerichtete Rinne nicht verfolgen kann. Es ereignet es sich auch häufig, dass man bei Untersuchung einer Fahrtiefe wirklich den gehörigen Wasserstand vorfindet, der nach Angabe der Schiffer nicht vorhanden sein soll: aber es ist natürlich, dass die letzteren nur denjenigen Weg berücksichtigen, den sie wirklich durchfahren können. Dazu kommt noch, dass die Fahrtiefe in sehr schräger Richtung oder grosser Entfernung des Fahrwegs vom Leinpfade, besonders bei heftiger Strömung, das Wasser in der Bergfahrt oder beim Herausgehen durch die Zugleine

noch sehrwärts geneigt, und sonach auch der flache Boden des Schiffes nicht mehr horizontal, sondern an der dem Lauf entgegengekehrten Seite um mehrere Zolle und selbst einen halben Fuss herabgedrückt wird. Hierbei kann es bei mässiger Tiefe des Fahrwassers leicht geschehn, dass das Schiff aufsteigt und fortzubringen ist, obgleich die Wassertiefe sogar etwas geringer als die gewöhnliche Einsenkung des Schiffes gemessen. Umstände dieser Art sind für den Verkehr von der äussersten Wichtigkeit, und indem sie durch eine gehörige Stromregulirung beseitigt werden, so erfährt die Schifffahrt dadurch eine ordentliche Erleichterung, wenn auch die Vergleichung der Tiefe wie sie vor und nach dem Bau bei gleichem Wasserstand gemessen wurden, gar keine grosse Differenz ergeben sollte. Es sich hierbei aber noch eine Zunahme der Tiefe von einem Fuss auf den flachen Stellen heraus, so ist der Nutzen schon wesentlich: der Schiffer kann ein regelmässiges Fahrwasser gewinnen und verfolgen, und desshalb vergrössert er die Einsenkung des Schiffes weit stärker, als man nach der Vermuthung der Tiefe erwarten sollte.

Die hier kurz angedeuteten Methoden zur Stromregulirung beziehen sich vorzugsweise darauf, dass man die beabsichtigten Verbesserungen nicht unmittelbar durch bauliche Anlagen bewirkt, sondern durch diese nur eine gewisse Einwirkung auf den Strom ausübt, und dadurch den Strom selbst veranlasst, die gewünschte Umgestaltung des Bettes hervorzubringen. Bei andern Wasserbauwerken ist das Verfahren ein wesentlich verschiedenes, indem die Ausführung unmittelbar die Verhältnisse so darstellt, wie man sie gebraucht. Auch für den Strom wäre dieses nicht unmöglich: man dürfte sich dabei aber nicht wegs allein auf die Bildung des tiefen Schlauches beschränken, sondern man müsste zugleich dafür sorgen, dass der Strom den vorgezeichneten Weg nicht wieder verlassen und die Ränder verlassen kann. Dieses würde aber nur geschehn, wenn eine ständige Umgestaltung der Ufer vorgenommen wäre. Die Kosten dieser Arbeit würden so gross ausfallen, dass man solche Arbeiten nie in der Ausdehnung ausführen könnte, als es wirklich geschehn. Die Regulirung des Stroms kostet unter gewöhnlichen Verhältnissen noch weniger, als die Erbauung einer Strasse von gleicher Länge.

inlässigen Erdarbeiten, theils in Bezug auf die Vertiefung des Wassers, theils auch bei der Bildung der Ufer, werden nicht als Auf- und Abtrag durch Handarbeit dar- man benutzt vielmehr die Kraft des Stromes, um sowohl auszutiefen, als auch die Ufer in gehöriger Form und zu stellen. Damit aber das Hochwasser nicht etwa den Stromschlauch wieder mit Sand und Geschieben verschütte, so dafür sorgen, dass auch zur Zeit der Anschwellungen starke Strömung darin erhalten wird. Man kann es nach die früher mitgetheilten Erfahrungen über die Verflächung des Stromes als eine Hauptregel ansehen, dass der Strom des Wassers in das eigentliche Strombett oder dahin gewiesen muss, wo auch das niedrige Wasser fließt. Ausserdem so darauf an, die Strombauwerke so anzuordnen, dass die besten Umformungen wirklich eintreten, und dieses setzt man die Kenntniss der Wirksamkeit des Wassers voraus. Dieser Theil der Hydraulik ist indessen bisher sehr wenig beobachtet worden. Ich will im Nach- die Erfahrungen und Schlüsse zusammenstellen, welche die folgenden Anhalt geben.

§. 68.

Wirksamkeit der Strömung.

Die Wirksamkeit des Stromes erstreckt sich offenbar nur da, wo derselbe sich überhaupt im Flussbette ausbreitet. Die Flächen, welche durch hohe Umschliessungen vor dem Ufer des Wassers sicher gestellt sind, erfahren daher keine Veränderungen, und in gleicher Weise werden auch die höher liegenden Ufer, welche von den Inundationen nicht erreicht werden, Veränderungen unmittelbar nicht ausgesetzt sein. Bei den Ufern ist jedoch eine Umgestaltung noch insofern möglich, als sie ausgewaschen werden kann und sie alsdann in Folge der gelinden Unterstützung zusammenstürzen. Demnächst aber die Stärke der Strömung auf die Wirksamkeit des Wassers, wie früher erwähnt worden, vom wesentlichsten Einfluss: bedingt eben sowohl den Abbruch, wie die Erhöhung des Ufers, und wo sie aufhört, oder unmerklich geringe wird,

hört grossentheils auch die Wirksamkeit des Wassers ganz auf. So sieht man in der That an denjenigen Flächen, welche inundirt, aber nicht merklich überströmt werden, auch keine wesentlichen Veränderungen vorgehen. Daher erklärt es sich, dass alte Stromarme, deren obere und untere Mündungen verlandet sind, nur noch unmerklich die erdigen Stoffe aufnehmen, obwohl sie jedesmal beim Wachsen des Hauptstromes auch anschwellen. Wenn das Wasser, mit dem sie sich füllen, nicht Quellwasser oder Grundwasser ist, welches also durch den Boden dringt, wird die Anfüllung und ebenso die Entleerung immer eine ganz gleichmässige Strömung bedingen, deren Erfolge sich wenigstens durch die Offenerhaltung der Mündungen, soweit die Strömung dieses erfordert, bemerkbar machen. Ausserdem aber wird das aus dem Ströme zutretende Wasser, jenachdem es auf dem Wege zur Niederung in stärkerer oder schwächerer Bewegung geblieben, auch mehr oder weniger erdige Theilchen enthalten, und beim Eintritt der vollen Ruhe vollständig ausscheiden, so dass hier eine Art von Colmation vor sich geht, welche jedoch ein sehr schwaches Aufwachsen des Bodens zur Folge hat. Der hierbei eintretende Erfolg bleibt desshalb so klein, weil jedem Hochwasser nur einmal das Wasser einströmt, und so der gewonnene Niederschlag sich auf diejenigen erdigen Theilchen beschränkt, die in dieser Wassermenge gerade vorhanden waren.

Hat die inundirte Fläche dagegen besondere Ein- und Ausmündungen, oder steht sie in ihrer ganzen Längen-Ausdehnung mit dem Flusse in freier Verbindung, so erneuert sich das Wasser, welches sie anfüllt, fortwährend, und auf diese Weise wird eine viel grössere Quantität von erdigen Stoffen darüber geführt, und kann bei gehöriger Wahl der Vorkehrungen auch in einer grösseren Menge aufgefangen werden. Eine vollständige Abscheidung aller, und auch der feinsten im Wasser noch schwimmenden Erdtheilchen ist hierbei freilich nicht möglich, nichts desto weniger gewinnt man doch eine viel grössere Masse Material, im ersten Falle. In den Niederungen unterscheidet man in der Beziehung das magere von dem fetten Wasser. Das erste ist entweder Quellwasser oder solches, das durch Rückstau entsteht, das letztere wird aus dem Ströme oben abgefangen und fortwährend hinzu. Es ist bekannt, dass dieses die regulirte

vorzugsweise befördert und eine sonstige Düngung der Aecker reichlich macht.

Die schwereren Massen, welche sich, wie oben bemerkt, vom Boden des Stromes nicht weit entfernen, lagern sich da ab, wo eine starke Strömung stattfindet, und namentlich, wo die Geschwindigkeit sich gerade etwas vermindert. Man zeichnet daher, nachdem das Hochwasser sich verlaufen hat, die Richtung und zugleich die Geschwindigkeit der Strömung. Man lässt eine Ablagerung derselben an einer bestimmten Stelle stehen, so darf man den Raum nicht vollständig abschliessen: Er muss vielmehr nicht nur geöffnet, sondern auch einer Durchströmung freigestellt sein. Der Strom darin muss weniger stark, als im Bette selbst werden, damit dieses nicht wohl hinein-, aber nicht herausgetrieben werden kann. Je mehr oder minder vollständigen Verschluss dieser Räume man ab, ob man gröheres oder feineres Material darin auf-

Sehr augenscheinlich zeigte sich diese Verschiedenheit auf den Baustellen an der Mosel. Die Mosel führt besonders rheinischen Gebiete sehr grobes Geschiebe, und ein solches lagert sich auch gewöhnlich an denjenigen Stellen ab, deren Erhebung man durch passende Strombauwerke befördert. Zuweilen ist aber beim Absperren der Stromarme erforderlich, die Werke zu einer viel grössern Höhe aufzuführen, weil sie gleichzeitig Uebergänge der Leinpfade dienen sollen. Alsdann findet man in dem Raume zwischen denselben nicht mehr das grobe, sondern ein viel feineres Geschiebe, und zuweilen erfolgt hier, wie ich es im Trierer Regierungsbezirke gesehn habe, eine Reinigung von feinem Sande, den man sonst im Strombette gar nicht bemerkt.

Insofern es bei der Bildung der Ufer darauf ankommt, grosse Massen Material aufzufangen, so muss man auch das schwerere Geschiebe berücksichtigen, und es ist vortheilhaft, dieses vorzugsweise aus dem Strombette zu entfernen, weil es am leichtesten die Bildung neuer Untiefen Veranlassung geben kann. Man wird wohlthun, die Regulirungsarbeiten so anzuordnen, dass auch die schwersten Steine, welche der Strom mit sich führt, noch abgezogen werden. Bis zu einer grossen Höhe werden sie durch den Strom freilich nicht gehoben, aber sie lassen sich leicht in

den tiefen Stellen des Bettes, die verfüllt werden sollen, aufzuhalten. Zu diesem Zwecke ist es nothwendig, dass über diese Stellen zur Zeit des Hochwassers noch eine starke Strömung fortwähre, sie muss aber allmählig abnehmen, damit das Wasser, indem es hier vorüberzieht, nach und nach die Steine liegen lässt. Besonders kommt hierbei aber die Strömung in der Nähe des Bodens in Betracht, und diese lässt sich sehr leicht dadurch mässigen, wenn man niedrige Querdämme ausführt, zwischen welchen das schwere Material sich in grossen Massen abzulagern pflegt. Der Erfolg wird aber vereitelt, wenn die Bauwerke, welche nur am Boden eine Mässigung des Stromes hervorbringen sollen, den Strom selbst stark schwächen und vielleicht gar bis zum Wasserspiegel heraufreichen. Geschieht das letztere, so bilden diese Querdämme zwischen sich abgeschlossene Räume, die nur nach der Seite gegen den Strom geöffnet sind. Es ist an sich klar, dass eine starke Durchströmung alsdann aufhören muss, nur die Adhäsion der darin befindlichen Wassermasse gegen das vorbeiströmende Wasser giebt zu einer rotirenden Bewegung Veranlassung. Beziehung auf Verlandung sind die Erfolge in diesem Falle sehr geringe, in der Mitte des Raumes zeigt sich eine solche Verlandung zuweilen, doch pflegt sie vom Ufer, sowie auch von den nächsten beiden Querdämmen durch tiefe Rinnen getrennt zu bleiben.

In einiger Höhe über dem eigentlichen Strombette kann man nach dem bereits Angeführten nicht mehr das grobe Material auffangen, wohl aber lässt sich auch hier noch leicht die Verlandung durch Sand und die feineren Thontheilchen bewirken, die im Wasser schweben und die Trübung desselben hervorbringen. Man muss zu diesem Zwecke in ähnlicher Weise wieder benutzbar sein, an den Stellen, wo der Niederschlag erfolgen soll, die Geschwindigkeit zu mässigen. Die Mittel dazu sind insofern von den früheren verschieden, als die Geschwindigkeit oder Strömung hier schon an sich schwächer ist, und daher leichtere Constructionen gewählt werden dürfen, wie z. B. Flechtzäune, Rauche und Pflanzungen. Man muss aber auch in diesem Falle die wesentliche Bedingung, nämlich das Vorhandensein der Strömung nicht unberücksichtigt lassen. Das Wasser muss einen offenen Zugang und ebenso einen freien Abfluss haben, wenn dabei derselben sich zufällig schliessen sollte, wie dieses sehr l

an der obern Mündung geschieht, so muss man denselben wieder leicht eröffnen, indem man etwa das Weidenstranch an einer Stelle ausrodet, oder auch wohl durch Handarbeit einen vollständigen Zuleitungsgraben ausführen lässt.

Die Verhältnisse, welche bei der Verlandung oder beim Abfließen des vom Strome herbeigeführten Materials eintreten, lassen sich in der bezeichneten Weise erklären, und die Erscheinungen lassen sich damit, wie ich immer gefunden habe, ganz genügend erklären. Bei der Vertiefung des Strombettes und beim Abfließen der Ufer ist dagegen die Erscheinung viel complicirter, sie scheint, wie schon oben (§. 56) angeführt wurde, weniger von derjenigen Geschwindigkeit, die man in der Richtung des Stromes misst, als vielmehr von der innern Bewegung des Wassers abhängig zu sein. Insofern gemeinlich beide gleichzeitig zunehmen und abnehmen, so ist es schwer, sie von einander zu trennen und ihre Wirkungen einzeln wahrzunehmen. Was den Niederrhein, der im Wasser enthaltenen erdigen Theile betrifft, so ist dies ohne Zweifel gleichfalls durch die inneren Bewegungen bedingt, aber indem diese sich in solchem Falle nicht neu zu erkennen pflegen, sondern vielmehr gemeinlich durch die Anlagen, welche die Mässigung der Geschwindigkeit bezwecken, auch aufzuhalten werden, so ist die Berücksichtigung der absoluten Geschwindigkeit ausreichend. Ganz anders ist aber das Verhältniss zum Angriff des Bodens, und viele Erscheinungen, die man hierbei sehen sieht, bleiben unerklärlich, so lange man nur die Geschwindigkeit in der Richtung des Stromes betrachtet.

Daher, der seine Untersuchungen meist auf sehr kleine und unregelmässig geformte Wasserläufe beschränkte, welche solche innere Bewegungen in weit geringerem Maasse zeigen, nimmt an, dass jede Art von Material eine gewisse Geschwindigkeit (in der Richtung des Stromes gemessen) gehöre, wobei dieses Material, welches die Sohle oder die Wand des Bettes bildet, nicht anzuhaften wird, und wobei es zugleich auch nicht abgelagert wird, wenn es im Wasser schwebend enthalten ist, oder von demselben vom Boden fortgeschoben oder gestossen wird. Es wird also vorausgesetzt, dass eine stärkere Strömung erforderlich sei, das abgelagerte Material wieder aufzuheben und in Bewegung zu setzen, als die Fortsetzung der Bewegung desselben

erfordert. Jene Geschwindigkeit, welche den Beharrungs-
 Bettes bedingt, versuchte Dubuat durch Beobachtungen (schie-
 dene Erdarten und Steine, welche in den Flüssen vor-
 zu ermitteln. Zum Verständniss dieser Beobachtungen,
 Resultat ich nachstehend vollständig mittheile, muss ich
 daran erinnern, dass Dubuat, wie oben erwähnt ist (§. 69)
 ganz constante Beziehung zwischen der Geschwindigkeit
 Oberfläche und an der Sohle annimmt. Er sagt*): „Es
 „sich aus diesen Beobachtungen, 1) dass der braune
 „wie ihn die Töpfer gebrauchen, obgleich er unter allen
 „Stoffen das grösste specifische Gewicht hat, dennoch der V
 „des Stroms nicht früher widersteht, als bis die Geschw
 „am Boden auf 3 Zoll in der Secunde, oder an der O
 „auf 8 Zoll abgenommen hat. Die Leichtigkeit, womit das
 „ihn angreift, rührt ohne Zweifel von der grossen Feinheit
 „Theilchen oder davon her, dass die Oberfläche dieser T
 „im Verhältniss zur Masse sehr gross ist. 2) Der feine
 „fängt an zu widerstehen, wenn die Geschwindigkeit an
 „auf 6 Zoll oder an der Oberfläche auf 12 Zoll sich ver
 „3) der grobe und scharfe Sand, wenn die Geschw
 „am Boden weniger als 8 Zoll beträgt. 4) Der Kie
 „Seine, der entweder fein, mittel oder grob ist, wird ni
 „angegriffen, wenn die Geschwindigkeit am Boden resp
 „7 und 12 Zoll beträgt. 5) Die abgerundeten Geschie
 „einem Zoll im Durchmesser widerstehen einer Geschw
 „von 24 Zoll, und endlich 6) die eckigen Feuersteine
 „Grösse eines Hühnereies einer Geschwindigkeit von 36

Diese Maasse beziehn sich auf das Pariser Fussmaa
 Unterschied gegen jedes andere kommt indessen wenig in
 da die Resultate an sich viel unsicherer sind. Die Beobach-
 wurden in einem künstlichen Canale angestellt, die Dimen-
 desselben giebt Dubuat nicht näher an.

Diese Resultate sind, ohne dass man sie, soviel ich
 weiter geprüft hat, in alle späteren Lehrbücher der angewand-
 Hydraulik übergegangen, und man benutzt sie nicht selten

*) *Principes d'Hydraulique* I. §. 71. Die vollständigen Be-
 obachtungen sind II. §. 399 enthalten.

ankommt, die Erfolge gewisser Anlagen vor der Ausmachzuweisen. Man nimmt alsdann übereinstimmend mit an, dass beim Eintritt grösserer Geschwindigkeiten das und Canalbett angegriffen, und im Gegentheile es erhöht licht wird, wenn die Geschwindigkeiten geringer sind und effenden Stoffe vom Wasser herbeigeführt werden. Der über, weshalb man diesen Resultaten ein so grosses Zu- wehenkt hat, liegt meines Erachtens allein in der Schwierig- Unsicherheit, womit die Anstellung solcher Beobachtungen en ist. Ich versuchte es, dieselben für verschiedene Sand- y wiederholen, aber es war mir nicht möglich, eine be- Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Beweg- des Materials aufzufinden: an einzelnen Stellen, wo das leiner und sonach die Geschwindigkeit grösser war, als ra Stellen, lag der Sand ganz fest und wurde sonach an- während er an der letztern fortgetrieben wurde.

ch bei grossen Strömen kommen nicht selten Fälle vor, mit der letzten Erfahrung übereinstimmen, und in solchen wo die mittlere Geschwindigkeit ohne Zweifel am grössten keinen Angriff durch das Wasser, sondern sogar eine unde Verlandung zeigen. Es ist indessen immer sehr g, für ein Strombette die Geschwindigkeiten, welche bei denen Wasserständen an derselben Stelle eingetreten sind, zu schätzen und deren Wirkungen zu erkennen. Jedenfalls an annehmen, dass der Angriff, den das Wasser irgendwo len Boden ausübt, ganz unabhängig von dem Umstande ist, Wasser sich dasselbst in der Richtung des Stroms oder von derselben abweicht. Man wird daher auch nicht in der Richtung des Stroms gemessenen Geschwindigkeit auf die Grösse des Angriffs schliessen können. Mindestens an die Geschwindigkeit des vorbeistreifenden und angrei- Wassertheilchens in ihrer absoluten Grösse als Mass der g betrachten, und wahrscheinlich ist die letztere noch durch lung bedingt, unter welcher das Wassertheilchen das Ufer ofür man auch den entsprechenden Druck einführen kann. e möglich, dass der verstärkte Druck an einzelnen Stellen owissen Umständen sogar das Wasser durch den Boden übringt und dadurch die Erdtheilchen auflockert, wie dieses

in dem Falle geschieht, wenn ein starker Wellenschlag vor dem Ufer stattfindet und der Wasserdruck in Folge desselben ab- und bald bald grösser bald geringer wird. Gewiss leidet es an keinem Zweifel, dass ein Sandkörnchen oder kleiner Stein durch den von einer Seite dagegen ausgeübten Druck fortgerissen wird. Wahrscheinlich erfolgt auf diese Art vorzugsweise der Abbruch des Ufer und des Bettes und um die dadurch herbeigeführten Zerstörungen richtig zu würdigen und zu erklären, muss man nothwendig die in dem Strome eintretenden inneren Bewegungen berücksichtigen.

Nach dem jetzigen Stande der Hydraulik ist hierüber wenig zu sagen, indem es noch an allen Beobachtungen fehlt, und der Gegenstand bisher überhaupt wenig beachtet worden ist. Die allgemeinen Gesetze der Mechanik, verbunden mit den physikalischen Eigenschaften des Wassers, geben in einzelnen Fällen eine Erklärung von manchen Erscheinungen, die man im Wasser wegen ihres auffallenden Einflusses schon lange kennt. Ich will diese im Folgenden anführen.

Das Wasser ist wie jeder andere schwere Körper Gesetzen der Schwere unterworfen. Seine einzelnen Theilchen bleiben so lange in Ruhe, als sie von allen Seiten hinreichend unterstützt sind, und hierzu gehört, dass sie sich entweder gegen feste Wände oder gegen andere Wassertheile, die unter gleichem Drucke sich befinden, lehnen können. Hört dieses Verhältniss auf, so fangen sie an, sich zu bewegen und zwar bestimmt sich die Richtung der Bewegung durch die grösste Differenz des Druckes von der einen und der andern Seite. Gesetzt, dass in einem Gefässe das Wasser sich immer mehr und mehr ansammelt, so dass es zuletzt etwas höher als der umgebende Rand steht, alsdann wird es offenbar anfangen über denselben abzufließen, weil das neben dem Rande befindliche Wassertheilchen zunächst unter der Oberfläche wohl von der innern Seite des Gefässes einen Druck erfährt, aber nicht von der äussern. Dieses Theilchen wird daher über den Rand fortgeschoben. Die Richtung, in welcher es hinüber strömt, lässt sich noch näher angeben. Es kann offenbar in sehr verschiedenen Richtungen über den Rand bewegen, und es würde jede einzelne derselben wirklich verfolgen, wenn es die andern nicht wählen könnte. Für alle diese Rich-

der Unterschied des Druckes gleich gross, vorausgesetzt der Rand, soweit er überströmt wird, horizontal liegt, schrägen Richtung erfolgt aber eine Verlängerung des während der normal gegen die Richtung des Randes gehend, der kürzeste von allen ist. Dieses findet offenbar beim Ueberfliessen jedes Randes von einiger Breite statt. Für kleine Ränder ist die Länge des erwähnten Weges an sich geringe, nichts desto weniger bleibt das Verhältniss zwischen verschiedenen herüberführenden Wegen immer dasselbe. Der Weg bedingt daher in allen Fällen bei gleicher Erhebung vors über den Rand, das stärkste relative Gefälle, und ist entscheidend für die Richtung, welche das Wasser wählt. Der Fall ist ungefähr derselbe, als wenn eine Ebene gelegt wird, die etwas gegen den Horizont geneigt ist. Sie kann in allen Richtungen herabrollen, welche ein gewisses Gefälle haben, und sie würde auch gewisse in denselben sich bewegen, wenn die andern stärker geneigten wären. Sie folgt aber derjenigen Richtung, in welcher der Punkt am unvollständigsten unterstützt ist, oder wo das Wasser das stärkste Gefälle findet. In gleicher Art folgt auch das Wasser beim Ueberfliessen über den Rand demjenigen Wege, das stärkste Gefälle im Wasserspiegel bedingt, oder der normal gegen die Richtung des Randes gekehrt ist. Dieses findet nicht nur in kleinen Gefässen, sondern die Erscheinung wiederholt sich auch bei grossen Wassermassen, in Flüssen und Strömen, deren Bett durch Wehre oder andere Bauwerke gesperrt ist. Das Wasser bewegt sich, insofern nicht etwa Hindernisse dabei wirksam sind, beim Ueberstürzen über diese Werke in einer Richtung, welche rechtwinklich gegen diese Werke steht.

Der Druck, der eine Seitenbewegung des Wassers hervorruft, kann auch eine Folge des Stosses sein. Wenn die Wassermasse plötzlich ein Hinderniss findet, so stösst sie gegen dasselbe und verursacht vor der entgegentretenden festen Wand einen vermehrten Druck, der nach allen Seiten, wohin Wasser überhaupt möglich ist, das Wasser fortdrängt. Es wird also rechts und links, oder auch unterhalb, wo Wege offen sind, auszuweichen suchen. Ausserdem

ist aber bei einem Strome auch die Oberfläche frei, und es sich also jedesmal die Veranlassung zu einer aufwärts gerichteten Strömung dar, die man in der That in solchen Fällen immer wahrnimmt. Am auffallendsten zeigt sich diese Erhebung wenn in einem sonst regelmässigen Strombette, und zwar in solchen, worin eine frische Strömung stattfindet, ein grosser Stein liegt, der etwa bis zum dritten Theile der Hälfte der Höhe des Wasserstandes sich über den Boden vor demselben bildet sich eine starke aufwärts gerichtete Strömung, die sich an der Oberfläche durch ein heftiges Aufwallen des Wassers zu erkennen giebt. Es zeigt sich eine starke Erhebung der Oberfläche, welche aber natürlich, da ihr jede Seitenbegrenzung fehlt, fortwährend ringsumher abfließt, nur durch den immer erneuten Zudrang von unten entsteht dem diejenigen Wasserfäden des Stromes, welche über den Stein fortgehen würden, mit dieser Strömung zusammenstossen, ändern sie die Richtung derselben und die erwähnte Erhebung des Wasserspiegels zeigt sich daher nicht mehr unmittelbar dem Steine, der sie verursachte, sondern weiter stromaufwärts. Hieraus ergibt es sich auch, dass die Ablenkung dieser Strömung immer grösser, und wegen des Einflusses der Bewegung der andern Wasserfäden ihr Erscheinen an der Oberfläche um so schwächer sein wird, je tiefer der Gegenstand, der sie erzeugt, unter Wasser liegt, oder je geringer seine Höhe über dem Bette im Vergleiche zur ganzen Wassertiefe ist. Nicht weniger kann man bei einiger Uebung dieses Aufwallen bemerken, wenn es auch von einem wenig vortretenden Stein oder von tief liegenden Holzstücken herrührt: und es unterliegt sich eben durch die convexe Form der Oberfläche und die ständige Bewegung, sowie auch dadurch, dass es seine Stellung verändert von den sonstigen Bewegungen in der Wasserfläche. Die Schiffer pflegen hierauf immer sehr aufmerksam zu sein, besonders bei der Thalfahrt gerade hieraus die Lage der Klippen oder sonstigen Gegenstände, auf welche das Schiff stossen könnte, zu erkennen.

Eine Erhebung des Wasserspiegels findet noch statt, wenn das Bette von einer Seite aus durch einen Einbau sehr beschränkt wird. In dem abgeschlossenen Winkel vor dem

die Strömung nicht ganz aufhören, weil zum Theil die Richtung der Bewegung des vorbeifliessenden Wassers dieses ändert, andern Theils aber auch, weil eine verminderte Geschwindigkeit neben dem Ufer auch ein schwächeres Gefälle da bedingt, und demzufolge das aufgefangene Wasser vor dem Bau höher steht als das vorbeifliessende. Dieses Wasser strömt längs der stromaufwärts gekehrten Seite des Einbaues nach Mitte des Stromes und es wird fortwährend ersetzt durch die Strömung, welche mit dem Hauptstrome parallel, wenn auch viel geringerer Geschwindigkeit sich längs dem Ufer hinzieht, den Raum vor dem Einbau füllt. Dieses zufließende Wasser wird in seiner Bewegung plötzlich unterbrochen und dieser Umstand giebt Veranlassung, dass eine noch grössere Erhebung des Wasserspiegels vor dem Einbau erfolgt. Zuweilen bemerkt man unmittelbar vor der vordern Fläche des letztern das erste Aufwallen, und der Augenschein zeigt alsdann schon, dass die Oberfläche hier einige Zolle höher ist, als in geringer Entfernung stromaufwärts. Der ganze Unterschied des Wasserstandes vor und hinter einem solchen Einbau beträgt aber nach Masse seiner Länge und der Geschwindigkeit des Wassers oft 1 Fuss.

Um die bei dieser Gelegenheit eintretende Bewegung weiter verfolgen, muss man eine zweite Eigenschaft berücksichtigen, die wieder dem Wasser mit allen andern schweren Körpern gemeinschaftlich zukommt: dieses ist das Beharrungsvermögen, das Bestreben, die erhaltene Bewegung in gleicher Richtung mit gleicher Geschwindigkeit fortzusetzen. Stösst das Wasser dagegen gegen eine feste Verticalebene, so wird es keineswegs derselben abprallen und unter gleichem Winkel fortgestossen werden, wie man dieses früher vermuthete, vielmehr wird derjenige Theil der Geschwindigkeit, der gegen die Ebene normal gerichtet war, aufgehoben, und der Effect dieser Zerstörung der lebendigen Kraft äussert sich in dem vermehrten Drucke oder in einer ansehnlichen Erhebung des Wasserspiegels. Der andere Theil der Bewegung, nämlich der parallel zur Ebene gerichtete, wird nicht verändert, als dass er durch den Druck verstärkt wird, aus dem Aufhören des ersten entspringt. Es bildet sich also vor der vordern Seite der Ebene ein derselben paralleler Strom,

der alle Wassersäden aufnimmt, welche die Ebene treffen. Der Strom nimmt daher an Stärke zu, wie er sich dem Ende der Ebene oder dem Kopfe des Einbaues nähert, und längs dem Einbaue bemerkt man das starke Gefälle, welches dem Dampfer entsprechend die Strömung unterhält. Sobald dieser Strom zum Kopfe des Einbaues erreicht, folgt er keineswegs gleich der Richtung des Hauptstromes, vielmehr behält er sehr augenscheinlich seine frühere Richtung bei. Er wird indessen, sobald er nicht mehr gegen den Einbau stützen kann, durch die Wassersäden, welche er trifft, nicht weiter verstärkt, sondern vielmehr abgelenkt, und so geht er wegen der fortgesetzten Ablenkung in einer Curve in die Hauptrichtung des Stromes über. Wo die beiden Ströme sich treffen oder eben in dieser Curve pflegen, ist eine starke Vertiefung des Bettes die erste Wirkung des Einbaues zu sein.

Das ganze eben beschriebene Verhältniss findet nur so lange der Einbau alle Wassersäden die ihn treffen wirklich aufnimmt, und sie dem Hauptstrome zuweist. Dieses geschieht, wenn das Wasser nicht darübergeht. Wird der Einbau überfluthet, so ist die Seitenablenkung viel geringer, und der grösste Theil des Wassers fliesst darüber fort. Es bildet sich alsdann wegen der Hemmung, die das Wasser hier erfährt, ein schwacher Wassersturz, der auch bei hohen Anschwellungen die Lage der Einbaue noch erkennen lässt. Bei geringer Überfluthung ist die Seitenströmung noch vorhanden, und sie gewährt für die Schifffahrt den sehr grossen Vortheil, dass, so lange der Aufbruch des Schiffes auf den Kopf des Einbaues zu bedroht ist, die Strömung selbst zur Abwendung der Gefahr weichen beiträgt. Der Seitenstrom weist nämlich das Schiff ab. Ist das Fahrwasser vor dem Kopfe sehr schmal, so muss das Schiff bei der Thalfahrt oft so gesteuert werden, als wenn es auf den Einbau auflaufen sollte: nur dadurch vermeidet man, dass der Dampfer von der Seite es nicht zu weit fortreibt, und es auf die gegenüberliegende Untiefe stösst.

In gleicher Weise, wie vor künstlichen Einbauten, bilden sich auch vor den natürlichen Sand- und Kiesablagerungen Seitenströme, welche den gegenüberliegenden Ufern sehr nahe kommen, und zugleich zur Verlängerung dieser Ablagerungen

Wenn die seitwärts gerichtete Strömung aber das Ufer so zeigt sich hier wieder eine ähnliche Erscheinung wie im Einbau, nämlich die grösste Geschwindigkeit stellte sich unmittelbar vor dem Ufer ein, und dieses geschieht so lange, bis man wieder in die Mitte des Bettes gewiesen wird. Wenn das Ufer aber concav ist, so ist das Beharrungsvermögen des Wassers eine neue Veranlassung, den stärksten Strom neben dem Ufer zu concentriren, weil alle einzelnen Wassertheilchen darauf hingelen werden. Ein Theil ihrer Bewegung, nämlich derjenige, welcher jeder Stelle normal gegen das Ufer gerichtet ist, wird aufgehoben und veranlasst, wie bereits erwähnt worden, eine verkehrte Strömung, oder eine Erhebung des Wasserspiegels. Diese Anschwellung vermehrt freilich mittelbar wieder die parallel zum Ufer gerichtete Geschwindigkeit, nichts desto weniger ist eine solche Uebertragung doch wahrscheinlich zu vielen Bewegungen des Wassers Veranlassung. Durch diese wird theils die lebendige Kraft zerstört und dadurch verhindert, das Gefälle die entsprechende volle Geschwindigkeit, wie in regelmässigen Stromstrecke hervorbringt, theils aber werden auch die Ufer in noch höherem Grade angegriffen.

Bei Gelegenheit der Seitenströme muss noch bemerkt werden, dass sie keineswegs immer in der ganzen Tiefe des Strombettes in gleicher Richtung darstellen: wenn der künstliche Einbau die Kiesablagerung, wodurch sie erzeugt werden, tief unter dem Ufer liegt, so sind sie oft in der Oberfläche gar nicht mehr, doch nur sehr schwach zu erkennen, während sie in der Tiefe noch sehr kräftig bestehn. Das erwähnte Abweisen der Strömung von den Köpfen der Einbaue giebt sich daher bei Fahrten von verschiedener Einsenkung auch sehr verschiedenartig kennen, so dass leicht ein kleiner Nachen davon nichts erfährt und in unveränderter Richtung vor dem bereits unter Wasser liegenden Einbau vorbei schwimmt, während das tiefer gehende Schiff stark seitwärts getrieben wird.

Es ergiebt sich schon aus dem Vorhergehenden, und ist auch sehr klar, dass das Beharrungsvermögen des Wassers keineswegs allein auf die Bewegungen in horizontaler, sondern auch auf die in verticaler Richtung beziehn muss. Diese letzteren üben aber auf das Strombett einen sehr we-

senallichen Einfluss aus. Das Wasser, welches über ein Wehr oder über einen Einbau stürzt, und dabei eine abwärts gerichtete Bewegung annimmt, setzt diese, selbst nachdem es in das Unterwasser gefallen ist, noch fort, und geht in die horizontale Richtung erst über, wenn es auf die Sohle des Bettes aufstösst, und von dieser in derselben Weise abgelenkt wird, wie in Bezug auf das Zusammentreffen mit verticalen Ebenen bereits beschrieben ist. Man kann sich hiervon sehr häufig durch die unterhalb der Wehre eintretenden Bewegungen überzeugen: das überstürzende Wasser bleibt nicht auf der Oberfläche, sondern unmittelbar hinter demselben zeigt die Oberfläche sogar eine entgegengesetzte Bewegung, und eine sehr scharfe Grenze, die gemeinhin durch einen starken Streifen von Schaum bezeichnet wird, bildet sich zwischen beiden Wassermassen. Die erstere verfolgt ihren Weg abwärts und fliesst in der Nähe des Bodens ab, während sie das auf der liegende Wasser mit sich reisst, und sonach eine starke Senkung des Spiegels zunächst unterhalb des Wehres hervorbringt, die eine Veranlassung giebt, dass sich oben eine entgegengesetzte Strömung bildet.

Es ergibt sich hieraus, dass unterhalb eines starken Wassersturzes ein verkehrtes oder stromaufwärts geneigtes Gefälle sich bilden kann. Ein solches stellt sich indessen unterhalb der Freiarchen und Schiffsdurchlässe oft noch viel auffallender dar, so dass förmliche Wasserberge oder hohe stehende Wellen sich erzeugen. Das herabstürzende Wasser hat im letzten Falle keine so stark geneigte Richtung, als wenn es frei über ein Wehr fällt, aber seine Strömung ist viel regelmässiger und kräftiger. In dem breitem und tiefern Strombette unterhalb der Freiarchen kann die ganze Wassermasse nicht so schnell abfliessen, als sie ankommt, und wenn auch hier wie in jedem andern Profile ein so viel Wasser ab- als zufliesst, so vertheilt sich die Bewegung auf eine grössere Masse, die eine geringere Geschwindigkeit annimmt. Auf diese Art muss ein grosser Theil der lebendigen Kraft aufgehoben werden: es bildet sich hier ein heftiger Stoss, der einen sehr vermehrten Druck und sonach eine starke Anschwellung des Wassers zur Folge hat. Das Wasser steigt dabei in aufwärtsgerichteter Strömung und zwar mit solcher Heftigkeit an, dass es sogar die dem Gleichgewicht entsprechende Höhe an-

weitet und sich so weit hebt, bis die Geschwindigkeit in Richtung vernichtet ist. Der hohe Wasserberg verursacht nächstliegende Strecke einen vermehrten Druck und eine rte Geschwindigkeit, wodurch hier wieder eine besonders enkung des Wasserspiegels entsteht, und so bilden sich is vier stehende Wellen hintereinander, die zunächst der rhe am höchsten sind und stromabwärts sehr schnell an abnehmen. Bei einzelnen Schiffsdurchlässen an der Lahn, tlich bei Balduinstein, betrug in der vorderen Welle der chied zwischen dem Scheitel derselben und dem daneben den Thale etwa vier Fuss, so dass man beim Herabfahren em kleinen Kahne, wenn man sich niedergesetzt hatte, über Wasserberg zu Zeiten nicht fortschn konnte. Die erwähnte einung zeigt sich indessen nur an solchen Stellen, wo ein r und regelmässiger Wassersturz stattfindet, in natürlichen betten kommt sie aber wohl nicht leicht vor.

Die Veranlassung der stehenden Wellen, auf welche man in er Zeit mehrfach aufmerksam geworden ist, ist jedesmal zu suchen, dass ein vermehrter Druck an einzelnen Stellen der plötzlichen Unterbrechung der Bewegung des Wassers ht, und dieser eine entsprechende Erhebung der Oberfläche gt. Diese Erhebung hat aber umgekehrt wieder die Verung des Druckes und die Zunahme der Geschwindigkeit des ters zur Folge, und sie giebt sonach Veranlassung zur Bil- des daneben liegenden tiefen Thales im Wasserspiegel. Die nung, stehende Wellen, deutet die Eigenthümlichkeit dieser an, dass sie ihre Stelle absolut nicht verändern. Man auch sagen, dass die Geschwindigkeit, womit die Wellen- ung fortschreitet, genau derjenigen gleich sei, mit welcher Wasser abfließt: beide sind einander entgegengesetzt, woher stillstand der Wellenform erfolgt.

Aus der Bewegung, welche das Wasser annimmt, nachdem ch über ein Wehr oder über einen Einbau gestürzt hat, er- es sich schon, dass das Bette daselbst stark angegriffen en muss: es ist aber klar, dass seine Geschwindigkeit durch Fallhöhe bedingt ist, also durch die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser. Der Wasserspiegel des Unterwassers ei Einbauten in hohem Grade von der Richtung derselben ab- agen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

hängig. Sind sie stark stromabwärts geneigt, so tritt ein grosser Winkel zwischen ihnen und dem Ufer, wohin das Wasser auf weitem Umwege gelangen kann, eine besonders starke Senkung des Wasserspiegels ein, und dadurch verstärkt der Angriff, den das überstürzende Wasser gegen das Bett macht. Ausserdem aber wählt das Wasser, wie schon früher bemerkt worden ist, beim Uebergange über die Krone solcher Werke eine zontaler Richtung einen Weg, der möglichst normal gegen die Krone gekehrt ist. Die stromabwärts geneigten Einbaue werden durch das überstürzende Wasser mit grosser Heftigkeit gegen das Bett gedrückt und tragen dadurch ganz gewöhnlich zur Zerstörung bei, während der Zweck ihrer Anlage gemeinhin die Befestigung dieses Ufers war. Dieser Umstand ist bei Bestimmung der Einbaue von grosser Wichtigkeit.

Eine Eigenschaft des Wassers, welche mehr in der Physik als der Mechanik gehört, ist bei Betrachtung der Bewegungen desselben von der äussersten Wichtigkeit und die Umänderung der Strombetten den wesentlichsten Einfluss hat. Dieses ist der sehr starke Zusammenhang der Theilchen des Wassers, welcher die Adhäsion, welche durchaus nicht gestattet, dass einzelne Wasserfäden sich in einer grösseren Wassermasse bewegen könnten, ohne dass die anstossenden an dieser Bewegung Theil nehmen sollten. Lässt man einen Strahl in einem Wasserbassin und zwar etwas unter der Oberfläche desselben eintreten, und sorgt man zugleich dafür, dass er nicht in das Wasser zurückfliesst, so bemerkt man, wie das Wasser in der Nähe des Strahls sehr schnell vermindert, indem es durch den Strahl zerissen wird. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich auch, wenn der Strahl nicht aus dem Wasser heraustritt, sondern in demselben bleibt. Wenn z. B. ein Strom durch einen Einbau verengt wird, so wird die am Kopfe des Einbaues vorbeigehende Strömung sich unmittelbar nur in derjenigen Richtung fortbewegt, in welcher das Wasser sich bewegt, oder die ihm vielleicht die oben erwähnte Seitenströmung vor dem Einbaue entgegenkommt. Wenn aber keine besondere Veranlassung vorhanden ist, so kehrt der Strom demjenigen Ufer wieder näher, von welchem er durch den Einbau abgelenkt ist, so sollte man meinen, dass unterhalb des Einbaues das Wasser entweder in Ruhe bleiben, oder wenn

eine solche Bewegung annehmen müsse, welche der des Stroms entspricht. Das letzte ist insofern zu vermuthen, in jedem Querprofile ungefähr eine gleiche Höhe des Wassers als sich darstellt und dadurch ein gleiches Gefälle neben dem Ufer bedingt wird. Die Erscheinung, welche wirklich eintritt, ist indessen hiervon wesentlich verschieden. Der starke Strom reißt das ruhende Wasser zur Seite mit sich fort, so dass unterhalb des Einbaues und zwar am stärksten in der Nähe seines Ufers eine merkliche Senkung des Wasserspiegels eintritt. Diese Senkung lässt ein heftiges Nachfließen des Wassers, welches aber von der untern Seite her erfolgen kann, indem das Oberwasser ganz abgesperrt ist, und auf der Stromseite, wie eben unterhalb, das Wasser sogar fortgezogen, also ein Zufluss von Wasser verhindert wird. Die Senkung des Wassers unterhalb des Einbaues muss also eine Strömung in gerade entgegengesetzter Richtung bewirken, und die Adhäsion der Wassertheilchen, welche zu streben, die Differenz der Geschwindigkeit zwischen zwei benachbarten Fäden auf das Minimum zu reduciren, ist die Ursache, dass dieser Gegenstrom sich jedesmal in dem möglichen größten Abstände vom Hauptstrome darstellt. Er bildet sich also in der Nähe des Ufers, geht bis zum Anschlusse oder zur Wurzel des Einbaues herauf, verfolgt denselben bis zum Ufer, wo er sich aufs Neue mit dem Hauptstrome verbindet.

Diese der Richtung des Stromes gerade entgegengesetzten Strömungen, welche man Widerströme, auch wohl mit der holländischen Bezeichnung *Neere* nennt, bilden sich nicht nur unterhalb der künstlichen sondern auch der natürlichen Vorrangung des Ufers. Beim Einbauen ist ihre Stärke wieder von der Richtung derselben gegen den Strom abhängig, und wie leicht zu sehen, sind sie unterhalb solcher Einbaue, die stromabwärts gerichtet sind, viel auffällender, als unter denen, die vom Ufer aus stromaufwärts in das Bette eintreten. Sie verhindern die Beruhigung des Wassers und geben dadurch Veranlassung, dass sich Rinnen längs dem Ufer und zugleich unterhalb des Einbaues bilden, und eine Ablagerung des Materials nur an der Stelle stattfindet, wo der abwärts gerichtete Strom sich vom entgegen gesetzten scheidet.

Diese Widerströme bilden grosse Wasserwirbel, wird wegen ihres angegebenen nachtheiligen Einflusses bemüht sein müssen, sie möglichst zu schwächen. Ganz lassen sie sich nicht, wenn man bei den Stromregulirung in anderer Beziehung sehr vortheilhaften Einbaue nicht will. Die Anordnung dieser Einbaue bedingt aber eine verschiedenartige Ausbildung der Wirbel: zum Theil kommt ihre Richtung in Betracht, in noch höherem Grade aber die Gestalt ihres Kopfes. Wenn sich nämlich die Wirbelung des Wassers darstellt, so wird dieselbe um so werden, wenn für alle übereinander liegenden Wasserschichten dieselbe Veranlassung zu solcher Bewegung eintritt, und dieselben in allen Schichten, soweit sie sich berühren, mit derselben Geschwindigkeit und parallel zu einander im Kreise herumdrehen. Nur in diesem Falle tritt keine gegenseitige Zerstörung übereinander liegenden Wirbel ein. Hierzu gehört aber, dass die Wirbel eine gemeinschaftliche Drehungsachse haben müssen; dieses ist nicht der Fall, so würde durch die gegenseitige Milderung der Bewegung die Geschwindigkeit des einen und des andern vermindert werden. In einer grossen Tiefe unter der Oberfläche des Wassers ist die Richtung der Achse eines Wirbels durch nichts bedingt, und es kommen, wie man sich durch Versuche an Canälen mit durchsichtigen Wänden überzeugen kann, auch Wirbel vor, deren Achse horizontal ist. Dicht unter der Oberfläche kann indessen ein solcher, oder überhaupt ein Wirbel, dessen Achse vom Lothe abweicht, nicht entstehen, weil sonst die Wasserschichten bei Verfolgung der kreisförmigen Bahn über die Oberfläche gehoben werden müssten, wozu eine grössere Kraft erforderlich wäre. Hieraus folgt, dass in der Nähe der Oberfläche, also gerade in dem Falle, wovon hier die Rede ist, die Achse der Wirbel senkrecht sein muss. Bei grossen Strömen hat man auch wohl nicht bemerkt. Diese Bedingung deutet ein einfaches Mittel an, durch das man einer heftigen Wirbelbildung vorbeugen kann: es besteht darin, dass der Kopf des Einbaues nicht lothrecht, sondern vielmehr möglichst flach herabgehn muss. Es bildet sich dann wieder eine Reihe von Wirbeln unter einander, aber die Achse eines steht immer seitwärts von der des andern, und sie können sonach keine gemeinschaftliche Bewegung annehmen, sondern

sich gegenseitig. Eine Verbindung von allen wäre nur dann, wenn die Drehungsachse mit der Neigung des Kopfes vor Einbau parallel läge. Dieses kann aber nicht geschehen, und alsdann die obere Wasserschicht in einer stark gegen denizont geneigten Ebene rotiren, und sonach die darin befindlichen Theilchen sich bald über den Wasserspiegel stark erheben und bald unter denselben sinken müssten.

Die stärkste und gefährlichste Wirbelbildung stellt sich entsprechend dieser Ansicht da ein, wo der steile Kopf eines Baues, oder ein vortretender, senkrecht abgeschnittener Ufer das heftig bewegte Wasser von dem ruhenden scheidet. Ein auffallendes Beispiel dieser Art, welches sogar für die Schiffe höchst gefährlich ist, kommt auf der Donau unterhalb des gleichen Grein vor. Nachdem der Strom die mit Felsen angelegte Strecke, der Strudel genannt, herabgestürzt ist, wirft er dem Marktflecken Struden gegenüber auf das rechte stark concave Ufer. Gegen das Ende der Concave springt plötzlich aus ein Felsen noch etwa 25 Ruthen weiter in das Strombette.

Gegen diesen stösst das Wasser mit solcher Gewalt, dass in kurzen Perioden immer stark anschwillt und abfällt: und mit grossender Geschwindigkeit strömt es von hier längs der Felsen in einer Richtung fort, die bis zum gegenüber liegenden verlängert, dieses unter einem rechten Winkel treffen würde. Dem diesem heftigen Strom unterhalb des Felsens das stillstehende Wasser begegnet, so bildet sich auf der Grenze zwischen beiden Wassermassen der berühmte Wirbel. Die Drehung des Wassers geht mit solcher Schnelligkeit, dass periodisch in dem Wasser, welches der Achse des Wirbels zunächst liegt, die Adhäsion der Theilchen unter sich durch die Centrifugalkraft aufgehoben, und dänlicher Weise, wie beim Ausfliessen des Wassers aus einem Behälter, der mittlere Raum frei wird. Es bilden sich Oeffnungen von 1 bis 2 Fuss Durchmesser, welche sehr tief sein sollen.

Schiffe, welche zufälliger Weise einen Wirbel dieser Art treffen, werden im Kreise herumgedreht, und dabei zuweilen zerbrechen, oder wenn ihr vorderes oder hinteres Ende gerade über den Wirbel kommt, so werden sie so stark herabgezogen, dass das Wasser über Bord läuft, und sie versinken. Eine Einkrümmung der Oberfläche des Wassers scheint jedesmal in der

ganzen Ausdehnung solcher Wirbel einzutreten, vielleicht ist der Grund, weshalb die Schiffe so tief eintauchen. Die dortigen Schiffer behaupten, dass in den Wirbeln auch eine abwärts gerichtete Strömung stattfinde, welche, wie sie meinen, die See herabzieht. Wo eine solche Strömung vorkommt, pflegt sich allerdings die Wirbelbildung regelmässig zu zeigen. Sollten sie immer mit einander verbunden sein, so würde man das Bestehen des abwärts gerichteten Stromes an dem Wirbel in der Oberfläche eben so sicher erkennen, wie der aufwärts gerichtete Strom durch das Aufwallen des Wassers erkenntlich ist. In der Donau bilden sich indessen nur periodisch aus und indem einer hinter dem andern entsteht und stromabwärts fortrückt, so zerstören sie sich gewöhnlich gegenseitig. Im linken Donauufer, diesem Wirbel gegenüber, ist durch die heftige Strömung eine grosse regelmässig abgerundete Bucht ausgespart, worin ein heftiger Widerstrom stattfindet. Derselbe fasst hier die Schiffe, wenn sie schon die gefährlichste Stelle passirt haben, von Neuem und treibt sie soweit stromabwärts, dass sie nochmals den Wirbel überfahren müssen.

Die Wirbel, welche man in stark fliessenden Strömen bei allen vorspringenden scharfen Uferwerken und Einbauten bemerkt, zeigen wesentlich dieselbe Erscheinung, nämlich die heftige Drehung des Wassers und die Senkung der Oberfläche: die Tiefe pflegt indessen selten bis auf einen Zoll tief sich als hohl darzustellen. Aehnliche Erscheinungen kommen indessen nicht nur an der Grenze zwischen dem stark strömenden und dem stehenden Wasser, sondern zwischen je zwei andern Wassermassen, welche sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen. Sie zeigen sich bei starken Strömen in grosser Anzahl auf der ganzen Oberfläche des Wassers und liefern dadurch den Beweis, dass keineswegs eine gleichmässige Geschwindigkeit in jedem Punkte stattfindet, auch dass nicht etwa allmähliche Uebergänge der Geschwindigkeit von dem Stromstriche nach den Ufern hin kommen, sondern dass ganz übereinstimmend mit der sonst unregelmässigen Bewegung, welche die Oberfläche des Wassers zeigt, partielle Strömungen in sehr grosser Anzahl und von verschiedener Geschwindigkeit neben einander stattfinden, oder auf ihrem Wege kreuzen. Die Veranlassung zu diesen

gen muss man vorzugsweise in der zufälligen Gestaltung des Strombettes suchen, wenn dieselbe hierbei aber allein von Einfluss sein sollte, so müsste die Oberfläche, wie unregelmässig sie auch gewesen sein mag, ihre Gestalt constant erhalten. Die Wassertheilchen, welche in Folge eines vermehrten oder verminderten Druckes eine Erhebung oder Senkung des Niveaus an gewissen Stellen hervorbringen, werden freilich weiter fließen, wenn man aber annimmt, dass das Strombett allein diese innern Bewegungen verursacht, so müsste jedes folgende Theilchen genau dieselben Wirkungen, wie das vorhergehende erfahren und dadurch veranlasst werden, auch genau denselben Weg zurückzulegen, wodurch eine unveränderte Form der Oberfläche bedingt würde. Dagegen müsste dieses zur Zeit des Beharrungsstandes oder wenn die Zuflüsse constant sind, stattfinden. Diese Erscheinung findet indessen niemals ein. An derselben Stelle des Stromes beobachtet sich das Wasser bald nach der einen bald nach der andern Seite, bald wällt es auf und bald zeigt es eine vertiefte Oberfläche. Selbst die Wirbel könnten sich unter dieser Bedingung nicht in der Art ausbilden, dass sie ihre Stelle verändern, es wären nur noch denkbar, wenn sie unverändert an demselben Orte blieben. Kommt noch hinzu, dass man stellenweise sehr häufig das Wasser am Ufer und namentlich an vortretenden Felsen abwechselnd steigen und fallen sieht, ferner, dass die verschiedenartige Bewegung sich selbst durch das Gehör unterscheiden lässt, und endlich, dass die Geschwindigkeitsmessungen, in wie sie nicht auf eine sehr lange Dauer ausgedehnt sind, ganz klar nachweisen, wie an derselben Stelle die Strömung bald stärker und bald schwächer wird: so muss man ein periodisches wellenförmiges Schwanken annehmen, welches die verschiedenen Strömungen abwechselnd auf verschiedene Weise afficirt und dadurch so viele Modificationen der Erscheinung hervorbringt, in diesen verwickelten Verhältnissen jede Gesetzmässigkeit verschwindet, und man wohl nie hoffen kann, ein volles Licht über verbreitet zu sehn.

Nichts desto weniger ist der Gegenstand für den Strombau von der höchsten Wichtigkeit, insofern die Veränderungen, denen das Strombett ausgesetzt ist, vorzugsweise hiervon abzuhängen scheinen, andererseits aber auch die Ursache der Zerstörung der leben-

digen Kraft des Wassers weit mehr in diesen inneren Bewegungen gesucht werden muss, als in der Reibung, die es an den Wänden und auf dem Boden erfährt.

Man darf es wohl als Thatsache ansehen, dass die inneren Bewegungen und zugleich ihre zerstörenden Wirkungen so grösser werden, je grösser die Geschwindigkeit des Stroms ist: ausserdem aber zeigen sie sich besonders stark, die veränderte Geschwindigkeit nicht durch eine ganz regelnde Verbreiterung oder Verengung des Bettes veranlasst wird, alle Wasserfäden sich noch immer nahe parallel zu einander mit ziemlich übereinstimmender Schnelligkeit bewegen. Das Bette oder das Ufer wird weit stärker angegriffen, wo darüber fliessenden Wasserfäden gezwungen sind, die Richtung ihrer Bewegung vielfach zu verändern: und man bewirkt, wenn man künstlich starke Seitenströmungen schafft, oder mittelbar durch die Richtung des Ufers den geradlinigen Lauf des Wassers unterbricht, und es zwingt, den verstärkten Druck der Wand auszuüben und in Folge desselben andere Bewegungen einzugehn.

Die Geschwindigkeit eines Stroms wird dadurch vergrößert, dass man das Profil verengt, und dieses ist gerade das Verfahren, welches man gewöhnlich anwendet, um eine verstärkte Einwirkung des Wassers auf das Bett hervorzubringen, oder eine gewisse Tiefe zu erzeugen. Dieses Verfahren ist auch in dem Falle angemessen, wenn die Stromregulirung behufs der Beförderung der Vorfluth vorgenommen wird, obgleich es allerdings erscheint, wenn man zur bessern Abführung des Wassers den Strom einschränkt, wodurch die Wirksamkeit eines Theils des Bettes ganz aufgehoben wird. Als Blanken im Jahr 1818 diese Ansicht aussprach, dass man den so höchst bedenklichen Zustand der Holländischen Flüsse dadurch verbessern könne, dass man dem untern Theile der Whaal oder der Merwede ein regelndes Bette durch den Biesbosch gäbe, zu welchem Zwecke für nothwendig erklärte, alle daselbst befindlichen Seitenarmen zu schliessen, so wurde dieser Vorschlag von der zur Beurtheilung über diesen Gegenstand niedergesetzten Commission angenommen. Die Commissarien meinten nämlich, indem es ankomme, dem Wasser einen leichtern Abfluss zu verschaffen,

man die Oeffnungen nicht vermindern oder verringern, sondern wenn es möglich wäre, sie im Gegentheil lieber erweitern und ihre Anzahl vermehren. Im vorliegenden Falle ist es gewiss leicht, den Erfolg des Blaukenschen Projectes mit Sicherheit vorherzusehn, aber der eben angeführte Grund war ohne Zweifel unrichtig. Blanken schlug den Verschluss der Nebengängen deshalb vor, weil er eben dadurch die grössere Verengung und gehörige Ausbildung des übrig bleibenden Hauptarmes veranlassen hoffte, wie dieses in ähnlichen Fällen ganz gewöhnlich geschieht. Die Schwierigkeit lag hier aber darin, dass es noch eine grosse Anzahl von andern Ausmündungen offen blieb, so dass das Wasser nicht unbedingt gezwungen war, durch die erste abzuliessen. Es war daher nicht mit Gewissheit vorherzusehn, ob die Verengung auch wirklich ihren nächsten Zweck, nämlich die Vergrösserung der Geschwindigkeit herbeiführen würde.

§. 69.

Uferdeckungen.

Wenn man bei der Regulirung eines Stroms nur diejenigen Stellen zu verbessern sucht, welchen die hinreichende Fahrtiefe fehlt, oder welche andere Uebelstände im Strombette selbst zeigen, während man nichts thut, um die Ufer vor Abbruch zu schützen, so ist der gute Zustand des Stroms keineswegs für die Dauer gesichert. Indem die Ufer sich später verändern, so bilden sich leicht an solchen Stellen, die anfangs gar keiner Correction bedurften, neue Schifffahrthindernisse oder sonstige Unregelmässigkeiten aus, welche sogar den bereits regulirten Strecken nachtheilig werden können. Ausserdem wird die Erde und der Sand, die die Steine, welche beim Abbruch der Ufer in das Strombette fallen, leicht Veranlassung zum Entstehen neuer Untiefen. Inwiefern das Privatinteresse der Uferbesitzer bei Arbeiten dieser Art dem allgemeinen Interesse concurrirt, welches sich im Gegenstande der Uferbauten nur auf die eigentliche Stromregulirung, also auf die Zwecke der Vorfluth und der Schiffahrt beschränkt, davon haben oben (§. 67) die Rede gewesen.

Insofern die concaven Ufer immer dem stärksten Stromstosse ausgesetzt sind, ist die Deckung derselben am schwierig-

sten, zugleich aber auch am nothwendigsten. Leichter Erhaltung der geraden Ufer oder überhaupt derjenigen, die in einer ganz geraden Stromstrecke liegen, woselbst Wasserfäden sich parallel zum Ufer bewegen und nicht gestossen werden. Wenn endlich das Ufer *convex* ist, so ist der Angriff des Wassers auf dasselbe so geringe zu sein, dass man nicht nur gar nichts zur Sicherung thun darf, sondern sogar die weitere Zunahme und Erhöhung des Ufers geschehen von selbst erfolgt, besonders wenn das gegenüberliegende Ufer abbruch ist. Es geschieht nicht selten, dass man gezwungen ist, dieser Zunahme Einhalt zu thun, und die Pflanzungen, welche das Ufer befördern, zu zerstören.

Es ergibt sich hieraus schon, dass die grössten Schwierigkeiten in der Erhaltung der Ufer vermieden werden, sobald man regelmässige Uferlinien einführt, welche von besondern Krümmungen frei sind. Ausserdem ist es aber auch notwendig, dass die Uferdeckung sich den Anlagen zur Stromregulirung anschliesst, wovon sie häufig einen sehr wesentlichen Theil ausmacht. Man darf daher das Ufer nicht in derjenigen Art abbrechen, wie es zufälliger Weise gerade abgebrochen ist, sondern vielmehr müssen die darin befindlichen kleinen Inseln ausgefüllt und die in den Strom vortretenden Ecken entfernt werden. Man kann die neue Uferlinie, wenn es sonst für nothwendig erachtet wird, auch weiter herausrücken, wobei man jedoch noch die Absicht hat, die bereits zerstörte Fläche durch Ablagerungen des Stromes mit der Zeit wieder zu gewinnen, indessen der Strom in Folge der allgemeinen Richtung des Bettes das Ufer stark angreift, so ist die Herausführung derselben ausserordentlich schwierig und die Hoffnung in Betreff der Wiederherstellung pflegt sich gemeinhin zu vereiteln. Die Anlagen zu diesem Zwecke sind auch meist im ersten Bau und in ihrer Unterhaltung so kostbar, dass der erwartete Vortheil dadurch schon aufgewogen wird, und man nicht selten nach einem vergeblichen Bestreben während einiger Jahre, endlich sich doch gezwungen sieht, zurückzugehen, bis man eine Linie findet, die sich mit sich selbst halten lässt.

In der erwähnten Weise können Werke, die in beträchtlicher Entfernung von dem Ufer liegen, und ebenso auch Einbauten

den Strom weit vortreten, noch als Uferdeckungen angesehen werden: von beiden soll indess später die Rede sein, ich beschränke mich hier auf diejenigen Anlagen, die man unmittelbar dem natürlichen Uferrande zur Ausführung bringt, um einer fern Veränderung desselben vorzubeugen. Die Benennung Uferpflanzung pflegt man auch gewöhnlich auf diese allein zu beziehen.

Es ist schon früher mitgetheilt, dass die Bepflanzung mit Weidenstrauch das Ufer in gewisser Beziehung gegen den Angriff des Wassers schützt, und namentlich geschieht dieses, wenn der Ufer des Wassers eine gehörige Abflachung nach dem Strome hat, so dass die grössere Wassertiefe nicht unmittelbar neben dem Ufer sich befindet. Die Pflanzung schützt alsdann den darunter liegenden leichten Boden vor den nachtheiligen Wirkungen einer übergehenden starken Strömung zur Zeit des Hochwassers, namentlich vor den Beschädigungen durch Eis und Wellenstoss. Sie mässigt aber in Folge der vielen Hindernisse, welche einzelnen Zweige der Bewegung des Wassers entgegensetzen, auch die Geschwindigkeit desselben unmittelbar über dem Boden und zieht dadurch Veranlassung, dass die im Wasser schwebenden Stoffe hier sehr reichlich niederschlagen und der Boden schnell aufwächst.

Wenn dagegen das eigentliche Strombett, oder der untere Theil des Ufers, der vom Wasser immer bedeckt bleibt, sehr abgebrochen ist, so kann die Pflanzung dem Abbruch nicht vollständig Einhalt thun. Sie vermindert ihn allerdings einigermaßen, insofern die Wurzeln dem leichten Boden einigen Zusammenhang geben, und die vortretenden Zweige, oder auch wohl bereits ausgespülten Wurzeln die Strömung und deren zerstörende Einwirkung etwas mässigen. Bei stark bedrohten Ufern muss man aber andere Methoden der Deckung wählen, und bedeckt, wenn eine grosse Tiefe sich sehr nahe vor dem Ufer befindet. Die Pflanzung kann alsdann nichts mehr dazu beitragen, die weitere Ausspülung des Fusses vorzubeugen und wenn diese erfolgt ist, so stürzt auch der darauf ruhende obere Theil ab, ohne dass das Weidenstrauch ihn halten könnte. Das Verfahren, welches in diesem Falle angewendet wird, bezieht sich darauf, dass man das Ufer bis zur Höhe des mittleren Wasserstandes mit einer hinreichend festen Decke versieht, welche

der Einwirkung des Wassers widersteht. Dabei muss gemeinhin noch darauf gefasst sein, eine Vergrösserung des von dem Ufer in Kurzem eintreten zu sehn. So lange das Ufer im Abbruch bleibt, und vor dem Strom immer zurückweicht, so wird die vollständige Ausbildung der Tiefen verhindert, als der stärkste Angriff nicht dauernd an Stelle des Bettes trifft, und sonach auch die Vertiefung nicht äusserste Grenze erreichen kann. Sobald aber die Seite befestigt und ein weiteres Zurückdrängen derselben unmöglich gemacht ist, so äussert der Strom seine Wirkungen nicht auf dieselbe Stelle des Grundes und vertieft sie in höherem Grade, als es vorher geschah. Man muss hiernach die Uferdeckungen einrichten, dass sie bei zunehmender Vertiefung des Bettes ihrem Fusse nicht leidet, und vielmehr dem entblösten noch Schutz gewährt.

Die Erhaltung eines bedrohten Ufers ist immer nicht leicht und die Schwierigkeit vermehrt sich ausserordentlich, wenn das Ufer sehr steil ansteigt. Bei einer flachen Uferböschung erfolgen nämlich die Angriffe gegen die verschiedenen Profile nicht senkrecht über einander, und die Wirkungen des Wassers, die sie hervorbringen, können deshalb leicht eintreten, ohne sich gegenseitig zu schwächen. Ausserdem liegen die einzelnen Theile der künstlichen Deckung unregelmässig, je flacher die Böschung ist, und dasselbe gilt auch von dem dahinter befindlichen natürlichen Ufer. Wenn daher die Wasserfäden bis zu dem letzteren durchdringen und es in Bewegung versetzen, so wird ihre Wirkung um so schwächer sein, je weniger ständiger die Sandkörner unterstützt sind. Endlich ist hierbei noch der Umstand in Betracht, dass die allmähliche Minderung der Tiefe, schon wegen des zunehmenden Widerstandes die Strömung unmittelbar vor dem sanft ansteigenden Ufer sich anhebt und die Linie der grössten Geschwindigkeit oder der Strömung davon weiter entfernt bleibt.

Es ergiebt sich hiernach, dass senkrechte Uferbefestigungen, also hölzerne Bohlwerke und ebenso auch massive Uferbauten zur Deckung der Ufer weniger geeignet sind, als Constructionsarten, die man mit einer flachen Böschung ausführen kann. Die grosse Kostbarkeit würde ausserdem eine

Anwendung der eigentlichen Uferschälungen sehr hinderlich.

Die Uferbesitzer pflegen indessen gemeinhin hölzerne Einlagen als die sicherste Art der Uferdeckung zu betrachten, wenn sie die Kosten dafür aufbringen können, so ist es oft schwer, sie in ihrem eigenen Interesse von der Ausführung abzuhalten. Der Erfolg dabei ist fast jedesmal eine starke Vertiefung des Bettes vor der senkrechten Wand, und der Bau nicht mit einer Spundwand versehen ist, so stürzt dahinter liegende Ufer unter der Bohlenbekleidung ein, und Hohlwerk trennt sich vom Ufer. Wenn die eingerammten bei dieser Gelegenheit nicht sogleich ausgespült werden, folgt gemeinhin beim nächsten Eisgange, oder bei der nächsten starken Anschwellung des Stromes die vollständige Zerstörung solchen Baues. Nur an denjenigen Stellen, wo das Anlegen von Schiffen ein steiles Ufer erfordert, oder der Werth des Bodens die Herstellung flacher Böschungen verhindert, wie dieses namentlich innerhalb grösserer Städte geschieht, sieht man sich gegen, solche steile Ufereinfassungen zu wählen, aber sie müssen dann sehr solide und mit der nöthigen Vorsicht erbaut werden, damit die nach der ersten Anlage eintretende Vertiefung nicht gleich ihren Einsturz herbeiführt.

Die gewöhnliche Methode der Uferdeckung besteht darin, dass eine Verkleidung oder eine schräge Decke aus Strauch oder losen Steinen bis zur Sohle des Bettes vor dem Ufer herab-

Die nähere Beschreibung der Constructionsart, welche der Modificationen fähig ist, soll später mitgetheilt werden. Allgemein ist darüber zu bemerken, dass man keine ganz feste und innige Verbindung der einzelnen Theile darstellen darf, durch jede fernere Bewegung unmöglich würde. Man muss vielmehr die Uferdeckung so einrichten, dass sie bei eintretender Vertiefung vor ihrem Fusse von selbst herabsinkt und dadurch eine Beschädigung in der Tiefe, die immer am gefährlichsten sein würde, verhindert. Durch wiederholte Tiefenmessungen namentlich nach jedem Hochwasser lässt sich der Eintritt solcher Bewegung in vielen Fällen schon vorhersehn, und diesen kann man demselben auch durch manche Vorkehrungen entgegen. Wenn aber die Verkleidung zur Zeit einer heftigen

Strömung während des Hochwassers herabsinkt, so sichern dabei eintretende Deckung des Fusses fast unter allen Umständen vor einer sehr schnellen Verbreitung des Einbruchs, besonders wenn man schon vorher die Uferdeckung so hoch heraufgeleitet und so verstärkt hatte, dass sie beim Herabgleiten keinen Theil des Ufers ganz ohne Schutz lässt.

Von den sonstigen Stromregulirungsbauten unterscheidet sich die Uferdeckung insofern, als man durch sie nicht gewisse Wirkungen des strömenden Wassers zu veranlassen beabsichtigt, welchen eigentlichen Zweck, nämlich einen regelmässigen Strom herbeiführen sollen, sondern sie stellt unmittelbar die gewünschten Verhältnisse dar. Aus diesem Grunde ist sie in ihrem Endergebnisse sicherer, als jene es sind. Hierdurch erklärt es sich auch, dass man nach den vielfachen sehr kostbaren aber vergeblichen Versuchen, den Oberrhein auf der Französischen Grenze, namentlich in der Nähe von Strassburg, in ein gehöriges Bett zu weisen sich endlich darauf beschränkt hat, die im Abbruch stehenden Ufer durch Steinschüttungen zu befestigen, und man dadurch und nach den Rhein mit unveränderlichen und regelmässig gestalteten Ufern zu versehen gedenkt *). Dieses Verfahren ist indessen nicht sobald eine Beendigung der Arbeit erwarten, wenn diese je eintreten sollte, so wird sie wahrscheinlich kostbarer ausfallen, als wenn man die Strömung zur Bildung des Bettes und der Ufer benutzt hätte.

Wenn es nur darauf ankommt, dem Abbruch der Ufer und dem Verluste an nutzbarer Fläche vorzubeugen, so ist der Erfolg der Uferdeckung ausser Zweifel, aber jedenfalls muss man, besonders wenn die vollständige Regulirung des Stromes dabei beabsichtigt wird, dafür sorgen, die verschiedenen Anlagen einander in Zusammenhang zu bringen. Die spätere Lockerung der Uferdeckung an einer Stelle, kann leicht die frühere Arbeit ganz nutzlos und sogar schädlich machen. Dieses geschah z. B., wenn der Strom dahinter durchbricht, und sie alsdann ein isolirtes Steinriff im Bette liegen bleibt.

*) *Sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives. par Legrom et Chaperon. Annales des ponts et chaussées. 1838. I. pag. 332 ff. (besonders pag. 370).*

Man hat zuweilen die Uferdeckungen zu schützen oder sie entliehentlich zu machen versucht, indem man in einigem Abstande von einander, einzelne kleine Köpfe in den Strom vorsetzen liess. Der Zweck dabei war, die starke Strömung von dem Ufer etwas zu entfernen und dadurch das letztere vor dem Versinken zu schützen, falls eine grössere Vertiefung des Bettes eintreten sollte. Der Erfolg dieses Verfahrens hat sich indess keineswegs besonders befriedigend herausgestellt, sowie überhaupt die kurze Einbaue, gewöhnlich für die zwischenliegenden Uferdeckungen, mehr nachtheilig, als nützlich sind. Sie entfernen den Strom nicht weit genug, um ihn unschädlich zu machen, aber sie veranlassen eine unregelmässige Strömung. Besonders verursacht der Uebersturz zur Zeit des Hochwassers über die Köpfe einen verstärkten Angriff gegen das Ufer. Die Uferdeckung, welche ohne Unterbrechung in stätiger Curve fortgeführt wird, bildet jedesmal eine sanftere und regelmässigere Strömung, die weit weniger zerstörend wirkt. Ausserdem hat die Schifffahrt bei den wesentlichen Nutzen, dass ein sehr bequemes Fahrwasser von grosser Tiefe, sich davor zu bilden pflegt: es kommen auch keine Seitenströmungen darin vor, die das Schiff auf die Steindecke oder auf das gegenüberliegende Ufer weisen. Diese günstigen Verhältnisse werden durch die erwähnten Köpfe aufgehoben. Letztere führen aber im Allgemeinen keine Erleichterung der Unterhaltung des Baues herbei, denn sie sind nicht nur nicht gleich, sondern sogar einer grösseren Gefahr ausgesetzt, als die Uferdeckung ohne sie es sein würde. Sobald die Vertiefung des Bettes eintritt, so versinken sie, und sie müssen wieder gehohlt werden, wenn sie ferner das Ufer schützen sollen. Die unregelmässige Strömung, die sie bewirken, veranlasst aber gerade vor ihnen eine besonders starke Vertiefung des Grundes, so dürfte es im Allgemeinen wohlfeiler sein, wenn man die Uferdeckung selbst, so oft es nöthig wird, wieder herstellt, als wenn man ihr einen solchen Schutz giebt, der in viel höherem Masse den Beschädigungen ausgesetzt ist.

Die erwähnte Art der Deckung bezieht sich nur auf den Theil des Ufers, der gewöhnlich unter Wasser liegt: für den fernern Theil desselben, wo Pflanzungen gedeihen, braucht man kostbare Constructionen nicht anzuwenden. Man thut aber

immer wohl, auch hier eine gehörige Regulirung des Ufers anzunehmen. Diese bezieht sich namentlich darauf, dass die steilen Abhänge, soweit das Hochwasser sie noch erreicht, in flache Dünen umgewandelt werden. Ausserdem aber ist es auch nöthig, die kleineren Buchten und vorspringenden Theile, die sich befinden, zu entfernen, und den ganzen Uferrand möglichenfalls parallel zum eigentlichen Bette zu führen, wodurch nicht nur die stellenweise eintretenden starken Angriffe vermieden werden, sondern ausserdem auch der Strom des Hochwassers verhindert wird, eine andere Richtung zu verfolgen, als die des Bettes. Zum Schutz der letzterwähnten Dossirung dient sowohl eine Rasenbedeckung, als auch Strauchpflanzungen. Die erste ist im Allgemeinen vorzuziehen, insofern sie eine viel festere Oberfläche bildet, auch einen grösseren Ertrag giebt. Der Rasen gedeiht indes nicht unter dem mittleren Wasserstande, weil er in solcher Tiefe zu lange unter Wasser bleibt, ausserdem aber hört der kräftige Wuchs des Grases, besonders bei sandigem Ufer, auch schon bei der Höhe von einigen Fussen über dem Mittelwasser auf. Seine Anwendung ist daher auf sehr enge Grenzen beschränkt. Wenn die Fläche, die man schützen will, zu tief liegt, so ist die mittelbare Erhöhung durch Auffahren von Erde gemeinhin viel kostbar. Man kann aber durch Aufpflanzen von Weiden, wie bereits erwähnt, die Ablagerung der durch den Strom herbeigeführten Stoffe daselbst leicht befördern, so dass nach einigen Jahren die Fläche zur Benutzung als Wiese tauglich wird. Schwieriger ist es, hohe steile Ufer vor Abspülung zu sichern und nutzbar zu machen. Der Rasen, den man auflegt, pflanzt nur spärlich anzuwachsen, auch das Weidenstranch, das man pflanzt, gedeiht kümmerlich. Doch gelingt es wohl jedesmal, eine oder die andere Weise einige Vegetation hervorzurufen, so man nur das willkührliche Betreten des Ufers und namentlich Weiden des Viehes auf demselben verhindern kann.

§. 70

Parallelwerke.

Man versteht unter Parallelwerken oder auch Ström- oder Richtwerken solche Strombauten, welche bei einer

in Beschränkung des Bettes die Begrenzung desselben, oder Ufer bilden. Damit sie den Strom zur Zeit des kleinen vollständig auffangen, müssen sie sich an das Ufer anlehnen, und zwar geschieht dieses gewöhnlich an ihrem stromgekehrten Ende. Ihre Wirkung auf das Fahrwasser Anfangs sehr günstig zu sein: sie stellen für das kleine das mittlere Wasser (so lange sie nämlich nicht überworden) die Verhältnisse unmittelbar in der Art dar, wie überhaupt herbeiführen will. Es dürfen also bei ihrer Anwendung keine entfernten Erfolge abgewartet werden. Ausserdem dabei keine vortretenden Einbaue vor, welche vielleicht Unbequemlichkeit für die Schifffahrt veranlassen, im Gegentheil die Schiffe zur Seite des sanft gekrümmten Dammes, wenn ein starkes Gefälle daselbst vorhanden sein sollte, herab. Diese Umstände sind Veranlassung, dass die Parallelwerke überall, wo man sie ausgeführt hat, sich in der Zeit grossen Beifall erworben haben: und mit Recht wird man Anwendung in vielen Fällen, wenn nämlich eine schleunige Wiederherstellung erforderlich ist, oder man ein starkes Gefälle an Stelle erhalten will, allen andern Methoden vorziehen. Aber andere Bauart zeigt sich in ihrer Unterhaltung so kostbar, dass keiner wird das Fahrwasser und das ganze Strombett der eintretenden Beschädigung gleich so vollständig verdorben, gerade bei dieser. Man ist daher gewöhnlich von dieser nach wenig Jahren wieder abgegangen. Die untere Weser, auf der Strecke von Bremen abwärts bis gegen Vegesack, soviel mir bekannt, das einzige Beispiel dafür, dass man lange Reihe von Jahren hindurch die Parallelwerke beibehalten. Dieses ist indessen wohl nur durch die ausserordentliche Fleissamkeit und Thätigkeit möglich gewesen, die der dortige Staat ihnen ununterbrochen gewidmet hat.

Der grosse Uebelstand, mit dem die Anwendung der Parallelwerke verbunden ist, bezieht sich darauf, dass sie nicht auf die natürliche Ausbildung der Ufer hinwirken, und daher der durch sie geschlossene Theil des Strombettes seine ursprüngliche Tiefe nicht beibehält und in vielen Fällen sogar noch vergrössert. Man erhält keinen Schutz durch Alluvionen, sondern vielmehr enttheilt man das natürliche Ufer dahinter, namentlich an

der Stelle, wo der Anschluss stattfindet, abzubrochen, endlich eine Periode eintritt, in welcher man der immer holten und immer kostbarer werdenden Reparaturen und den ganzen Bau aufgibt. In vielen Fällen macht einziger kräftiger Durchbruch des Werkes eine Wiederherstellung schon ganz unmöglich. Mehrfach ist es sogar geschehen, bei einem solchen Durchbruch der Hauptstrom sich nicht in den abgeschlossenen Arm warf, sondern zugleich den künstlich dargestellten Schifffahrtsarm so voll mit Sand oder Steinen anfüllte, dass derselbe beim Vorwachen des Hochwassers gar nicht mehr Flussbette, sondern nur ein Uferdeck und das Parallelwerk sich hierdurch in eine Uferdeck wandelt hatte, die aber wegen der eingetretenen Veränderung des Bettes vor dem entgegengesetzten Ufer lag.

Gewöhnlich legt man die Parallelwerke auf solchen Stromstellen an, in denen sich gerade ein starker Wasserfall concentrirt, und man hat dabei nicht die Absicht, das Gefälle auf eine grössere Länge zu vertheilen, sondern es unverändert zu erhalten, damit die vorhergehende Stromschnelle keine Senkung erfährt. Es bilden sich sonach längs der Parallelwerke oft förmliche Stromschnellen, in welchem theils die Einwirkung des Stroms auf den Boden, hauptsächlich aber die starke Zusammendrängung des Wassers auf eine beschränkte Breite, die für die Schifffahrt erforderliche Weite sich erzeugt. In dieser Art waren seit einer langen Reihe von Jahren die Stromregulirungen an der Saar mit sehr wenig verändert worden, und in derselben Weise, nur mit Anwendung einer viel vollkommeneren Constructionsart, wird die Schifffahrt der Mosel im französischen Gebiete unterhalten, sowie auch die kleinen Ströme in Frankreich nach demselben Prinzip regulirt worden sind. Die Parallelwerke werden entweder nur auf einer oder an beiden Seite des Fahrwassers angelegt: sie dienen für die herabgehenden Schiffe, wenn dieselben auch mit grosser Geschwindigkeit vorbeitreiben, die Gefahr des Aufstossens auf den Grund; zugleich dienen sie auch häufig als Leinpfade, wodurch ein Zug der Leine vermieden und dadurch das Herausziehen der Schiffe möglichst erleichtert wird. Es kommt indessen, wenn man allein das Interesse der Schifffahrt beachtet, bei den

nen nur auf die Ueberwindung der einzelnen Untiefen oder den an, welche gemeinhin durch lange Stromstrecken von hin- und sogar überflüssiger Tiefe und von sehr mässigem Ue getrennt sind. Die Kosten der Regulirung stellen sich bei Anwendung dieser Methode für die erste Anlage sehr heraus; der ganze Effect bezieht sich aber ausschliesslich auf das kleine Wasser. Das hohe Wasser, welches die kräftigsten Wirkungen auf das Strombett ausübt, bleibt dabei ganz unberührt, seinen ferneren Wirkungen wird entweder vorgebeugt, oder werden solche in gewisser Weise geleitet: sie bleiben ganz von der zufälligen Gestaltung des Bettes abhängig, und eben dadurch führen sie leicht Veränderungen herbei, wodurch die Anlage im Wiedereintritt des kleinen Wassers ihren Zweck verfehlt und nicht sogar schädlich wird.

Der grösste Uebelstand bei Parallelwerken, der gewöhnlich Veranlassung zu ihrer Zerstörung gegeben hat, ist der Uebertritt des Wassers über dieselben. Fig. 83, Taf. XXXIII. zeigt ein Parallelwerk von derjenigen Anordnung, wie es in dem französischen Theile der Mosel am häufigsten vorkommt. Es ist in einer Stromkrümmung angelegt: eine starke und in der Fläche abgeplattete Steindossirung begrenzt den Strom in einem regelmässigen Bogen vor dem concaven Ufer, während das linke Ufer oben durch das Parallelwerk dargestellt wird. Diese Anordnung ist ohnfehlbar die zweckmässigste, die man bei Anlage dieser Bauart treffen kann, denn durch die Krümmung des Bettes wird auch der Strom des Hochwassers bis zur Ueberfluthung der Ufer noch in den Schifffahrtsarm gewiesen. So lange der Wasserstand unter der Krone des Parallelwerks bleibt, enthält der seitwärts abgeschlossene Arm stehendes Wasser: nur wenn der Bau aus grobem Geschiebe ausgeführt und noch neu ist, kann die Zwischenräume nicht dicht geschlossen sind, geht Wasser hindurch und veranlasst in diesem Arme einige Strömung. Bei der in Frankreich üblichen sehr sorgfältigen Ausführung war die Quantität des durchsickernden Wassers indessen sehr gering, so dass in der ganzen Länge dieses Armes ein fast horizontaler Wasserspiegel sich einstellte. Dieser Wasserspiegel ist der des Stromwassers. Der Bau scheidet also in seinem obern Anschlusse die Wassermassen, deren Niveau-Differenz dem ganzen Gefälle

der vom Parallelwerk begrenzten Stromstrecke gleichkommt. Das Gefälle beträgt in der Strecke bei Monhofen (Manom) unter Thionville in der Mosel, bei einer Länge des Parallelwerkes etwa 1200 Meter oder 320 Ruthen, nahe 5 Fuss. Durchschnitten haben die Werke eine Länge von 430 Meter oder 186 Ruthen und das Gefälle beträgt im Mittel ungefähr 2½ Fuss. Steigt das Wasser so hoch, dass es das Parallelwerk überfluthet, bedingt dieses Gefälle, welches sich alsdann wohl noch etwas grössert, die Fallhöhe, und dieses geschieht so lange, bis die übertretende Wassermenge auch im abgeschlossenen Arme ein stärkeres Gefälle erzeugt und dadurch den Wasserspiegel am obern Ende desselben hebt. Dass in der ersten Zeit des Uebersturus ein starker Angriff des Bodens hinter dem Damm und vorzugsweise hinter dem obern Anschluss stattfinden muss, in ähnlicher Weise, wie dieses unterhalb der Wehre geschieht, leidet kein Zweifel. Die Sicherheit eines solchen Baues wird aber ganz besonders durch die Ausspülung des Bodens hinter dem Parallelwerke bedroht. Dazu kommt noch, dass das Wasser beim Uebersturz über den Damm eine Richtung normal gegen denselben verfolgt: es trifft also das Ufer und greift dieses dicht unter der Wurzel des Parallelwerkes stark an. Endlich verhindert der Abschluss der obern Oeffnung das Eintreiben derjenigen schweren Stoffe, welche auf der Sohle des Strombettes fortgetrieben werden. Auf diese Weise geschieht es, dass der abgeschlossene Nebenarm vorzugsweise einer Verbreitung und stellenweisen Vertiefung ausgesetzt, und dagegen der Verlandung entzogen ist. Bei hohem Wasser kann er hiernach, selbst wenn der Anschluss nicht durchbrechen sollte, leicht zum Hauptarme werden, in welchem Fall die Strömung im andern Arme sich mässigt und das sehr schwere Gesteine darin liegen bleibt. Dieses war in der französischen Mosel bei Sierck wirklich der Fall gewesen, als ich dieselbe besichtigte, und man war gerade mit dem Herausheben der sehr schweren Gesteine und Steinblöcke beschäftigt, die das letzte Hochwasser in den Schiffahrtsarm getrieben hatte.

Eine wesentliche Vervollkommnung der Anlagen dieser Art besteht darin, dass man das Parallelwerk nicht nur an seinem obern Ende mit dem Ufer verbindet, sondern vielfache Anschlüsse desselben darstellt, die in einiger Entfernung hin-

der liegen. Es werden dadurch verschiedene von einander unter Bassins gebildet, und die Niveaudifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser vertheilt sich zwischen dieselben ziemlich gleichmässig, so dass sie an jedem einzelnen Anschlussdämme bedeutend bleibt, und daher jedesmal der Uebersturz des Wassers weniger verheerend wird. Ausserdem stellt sich bei dieser vierten Anordnung zugleich der wesentliche Vortheil ein, dass der Strom, wenn zufälliger Weise ein Damm durchbrechen sollte, von den andern Dämmen noch kräftig aufgehalten wird, und falls tragen dieselben sämmtlich zur Beruhigung des Wassers auf dem Boden bei und befördern dadurch den Niederschlag der schwereren Geschiebe, welche sich längs der Sohle des Stromes bewegen, bleiben freilich auch in diesem Falle noch ausflossen, und sonach erfolgt die Verlandung immer viel langsamer, als sie zwischen offenen Einbauten vor sich zu gehn pflegt. Ein vielfacher Anschluss der Parallelwerke an das dahinter liegende Ufer kommt bei uns in neuester Zeit jedesmal zur Ausführung, so oft diese Bauart überhaupt gewählt wird: auch in Frankreich hat man an der Midouze und Garonne dasselbe gethan. In einzelnen Fällen hat man bei der Anlage der Parallelwerke gleich die Ufer bis zu ihnen herausgeführt, und den abgetheilten Theil des Strombettes durch unmittelbare Handarbeit ausgefüllt. Dadurch verwandeln sich die Parallelwerke in Uferanlagen, und die erwähnten Uebelstände können nicht mehr eintreten. Die Kosten der Anlage werden dadurch aber so sehr erhöht, dass man nicht leicht dieses Mittel in Anwendung bringen wird. Ein Beispiel dieser Art liefert der Clyde-Strom, der vornehmlich durch Parallelwerke beschränkt ist, die man mit dem durch Baggerung gewonnenen Material hinterfüllte. Auch an der englischen Lippe ist etwas Aehnliches geschehn. Zwischen den hohen und höchsten unfruchtbaren Ufern hatte das Strombett theilweis eine übermässige Verbreitung angenommen, welche die Bildung und Erhaltung einer gehörigen Schiffahrtstiefe verhinderte. Bei der nöthigen Einschränkung war ausser diesem theil zugleich die Gewinnung ausgedehnter Wiesenflächen in dem bisherigen Bette zu erwarten, und viele Uferbesitzer verstanden dazu, bei einiger Unterstützung, die ihnen von Seiten des Staates gewährt wurde, die Einschränkung selbst zu übernehmen,

wofür ihnen das Eigenthumsrecht auf die Alluvionen überlassen wurde. Statt aber die Bildung der Alluvionen durch den Seilbau abzuwarten, verfüllten sie gleich die ihnen überwiesenen Flächen durch Sand, den sie vom Fusse der nicht weit entfernten Anhöhen herbeifuhren, und schützten diese Anschüttungen in der festgesetzten Uferlinie durch Parallelwerke oder vielmehr durch Uferdeckungen. Auf diese Art wurde der zwiefache Nutzen in weit kürzerer Zeit erfüllt, als wenn die Wirkungen des Stromes abgewartet werden müßte; indessen nur selten die Gelegenheit vorhanden sein dürfte, solches Verfahren mit Nutzen anzuwenden, denn einerseits ist dabei Bedingung, dass die erforderlichen grossen Sand- und Erdmassen in der Nähe liegen und sonach die Transportkosten nicht bedeutend ausfallen: sodann muss auch die Strömung zur Zeit des Hochwassers nicht besonders heftig sein, weil es sonst leicht treffen könnte, dass der frisch aufgeschüttete Seilbau bevor er von einer Grasnarbe bedeckt wird, durch das dahinfließende Wasser leidet und stellenweise ausgerissen wird.

In diesen letzten Fällen sind die Parallelwerke grossentheils zu beiden Seiten des Stromes ausgeführt worden. Auch an der Mosel im französischen Gebiete wählte man Anfangs die beiderseitige Begrenzung des Fahrwassers durch Parallelwerke: die französischen Ingenieure sind auch der Ansicht, dass der Zweck hierdurch vollständiger erreicht worden sei, was sich vielleicht dadurch erklären lässt, dass jeder einzelne Seitenarm als weniger zur Aufnahme des Hauptstromes geeignet war. Die grossen Verwehrungen der Kosten hat es indessen verhindert, von dieser Anwendung vielfachen Gebrauch zu machen.

Endlich muss noch erwähnt werden, dass unterhalb der verengten Stelle gewöhnlich eine sehr starke Ablagerung von Geröll, Kies und feinerem Material eintritt. Es ist dieses eine natürliche Folge der plötzlichen Erweiterung des Profils. Wenn das Fahrwasser in einer Curve liegt, wie dieses in der Figur gezeichnet ist, setzt sich die tiefere Rinne auch weiter hinwärts fort. Bei gerader Richtung der Stromschnelle lagert sich indessen unterhalb derselben gewöhnlich eine Bank von schweren Geröllen ab, welche das Fahrwasser spaltet und welche durch weitere Verlängerung der Werke entfernen kann. D

ung solcher Untiefen durch Baggern hat in der Regel keinen vollen Erfolg, indem dieselbe sich nach jedem Hochwasser aufs Neue bildet.

§. 71.

Einbaue.

Der Zweck der Stromregulirung besteht darin, das Bette und Ufer so auszubilden und die Strömung so zu leiten und zu erhalten, dass die Versärfungen und sonstigen Unordnungen beseitigt werden, welche der Abführung des Wassers oder der Schifffahrt hinderlich waren, oder welche den Uferabbruch veranlassten. Man kann ohne Zweifel auch durch künstliche Anlagen unmittelbar günstige Verhältnisse herbeiführen, aber wie bereits erwähnt, werden die Kosten in diesem Falle übermässig gesteigert, dieses findet nicht nur bei der ersten Anlage, sondern auch bei der Unterhaltung statt. Weit zweckmässiger und sicherer ist daher, den Strom zu veranlassen, dass er selbst zu diesem Zwecke mitwirkt, und er namentlich seine Ufer in der Art, wie man wünscht, ausbildet. Er muss also an denjenigen Stellen des Bettes, welche innerhalb der beabsichtigten Uferlinie liegen, auf solcher Weise, wie es bei Colmationen geschieht, die Stoffe abräumen, die er mit sich führt. Damit dieses aber geschehen kann, ist es nöthig, dass man den Strom von diesen Flächen abwärts ausschliesst, denn dadurch würde auch der Eintritt neuer Stoffe verhindert werden: er muss vielmehr einen freien Lauf finden, und eine frische Strömung muss ihn hineinweisen. Diese Strömung muss da, wo die Verlandung erfolgen soll, möglichst schwächer werden, und namentlich unmittelbar über dem Ufer müssen sich Hindernisse der Bewegung finden, welche die Ufer und den Kies und selbst die Sandwellen, die auf der Sohle sich fortbewegen, aufhalten und dadurch nach und nach zur Verhöhung herbeiführen. Hierin liegt der Grund, weshalb die Wehre, die im günstigsten Falle ganz abgeschlossene Bassins bilden, zu diesem Zwecke untauglich sind: dagegen können die Ufer aus in den Strom vortretenden Einbaue sich als sehr wirksam zeigen und die Uferbildung vollständig herbeiführen. Dieses möglich sei, hat die Erfahrung bereits vielfach gezeigt,

Der Hauptzweck der Einbaue ist hiernach die allmähliche Umgestaltung der Ufer, und nur in dem Masse, wie der Zweck erreicht wird, kann die Einwirkung auf das Bett gezeigt werden. Will man letztere möglichst beschleunigen, wie es sehr häufig geschehn muss, so leidet dabei leicht die Bildung des Ufers, und die ganze Anlage wird alsdann der Gefahr einer Störung oder vielfacher Beschädigung in weit höherem Grade ausgesetzt bleiben, als wenn die Verlandung ganz regelmässig getreten ist.

Diese Ansicht über den Zweck der Einbaue ist keineswegs allgemein verbreitet: man erwartet von denselben gewöhnlich mehr, als den Schutz der Ufer und die Erhaltung der Thäler. In dieser Art hat sich z. B. Woltman noch in der letzten Zeit seines Lebens ausgesprochen; er betrachtet die Einbaue als ein Mittel, um einzelne Unregelmässigkeiten zu verhindern. Ohne Zweifel ist selbst ein solcher Zweck sehr häufig erreicht worden, und namentlich sind die älteren Erfahrungen, die er über die Wirkung der Einbaue gemacht hat, so niederschlagend, dass, wenn eine Wiederholung derselben auch bei den jetzigen und künftigen Anlagen zu besorgen wäre, man zweifelhaft müsste, ob ihr Nutzen wirklich den darauf verwendeten Kosten entspricht und man nicht für das allgemeine Beste mehr thun würde, wenn man den Gedanken an eine Stromregulirung aufgäbe, und sich nur darauf beschränkte, einzelne Hindernisse, die gar zu gross und nachtheilig werden, zu beseitigen, so man hin und wieder der Wirksamkeit der Natur etwas zufließen kommt. In den von Wiebeking mitgetheilten Charten des Rheinstroms sind in der Stromstrecke, welche innerhalb der jetzigen Preussischen Rheinprovinz und namentlich des Düsseldorfer Regierungsbezirkes liegt, eine sehr grosse Menge von Einbauten angegeben, die grossentheils von Wiebeking selbst oder doch unter seiner Mitwirkung ausgeführt worden sind. Von allen diesen Anlagen war schon vor 20 Jahren keine Spur mehr vorhanden.

*) Crelle, Journal für die Baukunst, II. Band, Seite 117.

*) Es ergibt sich dieses auch aus der Vergleichung mit der Mannschen Charte des Rheinstroms im Düsseldorfer Regierungsbezirk, die im Jahre 1836 herausgegeben ist.

einen günstigen Erfolg in Betreff der Stromregulirung haben niemals gezeigt. Die Vernachlässigung des Strombaues unter französischen Herrschaft während weniger Jahre hatte den vollständigen Ruin dieser Anlagen herbeigeführt: doch auch ohne Veranlassung wurde ein grosser Theil derselben schon bald dem Bau durch den Strom zerstört.

Diese Erfahrung zeigt, wie nöthig es sei, die Stromregulirungs-
werke so anzuordnen, dass sie nicht fortwährend ihre gefährliche
Stellung behalten. Sie müssen vielmehr durch die Bildung des
Stroms sich selbst Schutz verschaffen, so dass sie nur an ein-
zelnen Stellen einem dauernden Angriffe ausgesetzt bleiben. Indem
man aber diese bedrohten Stellen schon vorher kennt, so muss
man die möglichste Solidität ihnen der gehörige Schutz sogleich
verschaffen werden.

So lange man nur die Absicht verfolgte, durch die ausge-
führten Bauwerke auf die Bildung des tiefen Stromschlauches und
vorzugsweise mit Berücksichtigung des mittleren und niedrigen
Wassers hinzuwirken, wie dieses auch bei Anlage der Parallel-
werke der Fall ist, so erreicht man zwar zuweilen bald einige
Erfolge, aber das Hochwasser wirkte nicht auf Verlandung, und
es ganz gewöhnlich seine Angriffe gegen die Ufer immer weiter
auszuweiten. Dieses war der Grund, weshalb die weit vortretenden und
nach abwärts geneigten Einbaue jedesmal stark beschädigt und
sehr bald zerstört wurden, namentlich wenn ihre Unterhaltung
lange Zeit hindurch unterblieb. Die an derselben Strecke des
Stroms seit der Wiederbesitznahme durch Preussen ausgeführten
Werke zeigen dagegen, insofern sie die Stromregulirung betreffen,
ganz andere Erfolge: sie haben nicht nur den ferneren Ab-
bruch der Ufer verhindert, sondern fast jedesmal Verlandungen
erzeugt, wodurch sie selbst immer mehr und mehr dem Strom-
angriffe entzogen wurden, und in vielen Fällen ein Wiedereintritt
in den früheren Zustand bereits ganz undenkbar geworden ist.
Da die Werke an ihrem Kopfe auch dem ferneren Angriffe des
Stroms blossgestellt bleiben und demselben auch unmöglich ganz
entzogen werden können, so sind sie durch die eingetretenen Ver-
änderungen vor einem Durchbruche gesichert, und sollte wegen
Verlassung der nöthigen Reparaturen der Kopf auch nach und
nach zerstört werden, so kann man wohl erwarten, dass diese

Zerstörung nur sehr langsam fortschreiten wird. Eine wesentliche Erleichterung in der Unterhaltung tritt aber bei ihnen ein, sofern ein, als die Werke sich gegenseitig unterstützen: insbesondere auf die Darstellung eines regelmässigen Stromlaufs wirken, so verhindern sie es, dass vor einem derselben besonders starker Angriff sich concentriren kann.

Die Regulirung des Rheins im Düsseldorfer Regierungsbezirk konnte bei der Kostbarkeit der Anlagen nur langsam vorwärtsschreiten, und sie ist noch keineswegs als beendet zu betrachten, obwohl sie wichtig sind ohne Zweifel die stellenweise daselbst bereits erreichten Erfolge. Es sei mir erlaubt, die Männer zu erwähnen, unbefangenen und durch vielfache Erfahrungen gekennzeichneter Urtheile diese auch für die Wissenschaft so wichtigen und vorzugsweise zu verdanken sind: es sind der Geheime Oberbau Rath Bauer und der vor Kurzem verstorbene Geheime Regierungsrath Bversmann. Bei kleinern Strömen lässt sich der Zweck schneller und mit weit geringern Mitteln erreichen. In Preussischen Antheile der Weser ist die Regulirung im Zeitraume von wenig Jahren sehr vollständig gelungen, und zwar sind vielfach feste Ufer an denjenigen Stellen entstanden, wo früher in nachtheiliger und gefährlicher Krümmung das Fahrwasser lag. Noch schneller bildeten sich das Bett und zugleich die Ufer der Mosel im Trierer und Coblenzer Regierungsbezirk aus. In ähnlichen Erfolge in der neuesten Zeit auch an andern Stellen erreicht worden, ich habe diese Beispiele nur deshalb angeführt, weil ich die Verhältnisse daselbst näher kenne. Sie werden dienen, um den Beweis zu liefern, dass der oben angegebene Zweck der Einbaue und überhaupt der Stromregulirung wirklich erreichen lässt. Es bedarf aber keines Beweises, dass man auf diese Weise viel mehr gewinnt, als man durch andere Methoden nur auf einen augenblicklichen Nutzen hinwirkt, und namentlich stellenweise eine etwas grössere Uferlinie recht schnell darstellt, während bei jedem Hochwasser die Ufer immer von Neuem bedroht werden, und sie nach und nach in immer gefährlichere Lage annehmen, bis sie endlich, und oft in kurzer Zeit zerstört werden, und man sich alsdann genöthigt sieht, nach der dadurch herbeigeführten Umgestaltung der Ufer die Regulirung wieder ganz von Neuem vorzunehmen.

Ich habe bisher die Benennung Einbau gewählt, um die Classe der vom Ufer aus in den Strom vortretenden Werke zu bezeichnen: sie unterscheiden sich von den Parallelwerken, dass sie sich entweder gar nicht, oder doch nur auf Längen parallel zum Strome hinziehen. Andere Benennungen, die weit bekannter, aber man pflegt dabei immer zugleich diese Constructionsarten zu denken, die im Vorstehenden nicht in Betracht gekommen sind. Die sämmtlichen Ausdrücke, die man die Einbaue bezeichnet, sind wohl ursprünglich selbst, und je nachdem die localen Verhältnisse das eine oder andere Material daselbst besonders angemessen erscheinen, so ist auch mehr oder weniger die Andeutung der Constructionsart, und namentlich des Materials, woraus sie bestehen, in den Begriff des Wortes mit übertragen. So versteht man unter Kribben, Schlachten, Stacken und Schlingen Einbaue, die aus Strauch oder aus Faschinen erbaut sind, oder Wehre dagegen bezeichnen die Stein-Constructionen, oder die Anwendung des starken Bauholzes. Nichts desto weniger werden auch diese Benennungen sehr verschieden gebraucht, und am allgemeinsten findet noch das Wort Buhne Einbau, worunter man gegenwärtig selbst die Steinwerke begreift, versteht darunter aber immer nur solche Bauwerke, welche Widerstände sind und hinreichende Stärke haben, um dem Angriffe des Stroms Widerstand zu leisten: die leichteren Stützungswerke, welche an geschützten Stellen errichtet sind, um das Wasser daselbst noch mehr zur Ruhe kommen zu lassen, und welche ihrer Richtung und ihrem Zwecke nach nichts Anderes als Einbaue sind, nennt man nicht mehr Buhnen, sondern Schlickfänge, auch Traversen, und wenn sie auf höheren Sandflächen angelegt werden, Rauschen: auch die Constructionsart bestimmt oft wieder die Benennung derselben, z. B. Schlickzäune, Flechtzäune, Pflanzlinien u. dergl. Die Buhnen selbst werden nach dem verschiedenen Zwecke, zu welchem sie herbeiführen sollen, wieder verschiedentlich benannt: bereits in früherer Zeit machte man hierbei den wesentlichen Unterschied, dass man sie entweder als defensive oder als offensive Werke ansah. Das unterscheidende Kennzeichen bei beiden war nach Silberschlag die Breite, auf welche sie

den Strom beschränken: so lange sie nämlich die Norm frei liessen, so sah man sie nur als Schutzwerke dahinter liegende Ufer an, im entgegengesetzten Falle man aber, dass sie den Angriff des gegenüberliegenden Ufers bekämpfen. Wenn die eigentliche Stromregulirung beabsichtigt wird, so sind die Werke vom Staate ausgeführt werden, so ist die Erhaltung des Ufers, obwohl sie jedesmal mit herbeigeführt wird, doch ein untergeordneter Zweck, der Abbruch derselben wird aber in sehr seltenen Fällen beabsichtigt. Die erwähnte Eintheilung in Buhnen hat demnach, wenn sie sich auch wirklich durch die verschiedenartige Wirksamkeit der Anlagen begründen sollte, dem Gesichtspunkte, der hier zum Grunde gelegt werden soll, keine Bedeutung. Nichts desto weniger wird auch gegenwärtig oft derselbe Unterschied gemacht, und zugleich wird die Herbeiführung anderer Zwecke von den Buhnenanlagern erwartet, woher sie wieder besondere Benennungen erhalten. Will diese Benennungen hier auführen, obgleich einige derselben sich nicht mehr auf eigentliche Einbaue beziehen.

Unter Schutzbuhnen versteht man solche Einbaue, die allein die Sicherstellung des dahinter liegenden Ufers bezwecken, wenn sie aber nicht nur hierauf, sondern auch auf Vorland oder auf die Erzeugung eines Vorlandes hinwirken sollen, so nennt man sie Fangbuhnen. Ferner versteht man unter Trennbuhnen diejenigen Einbaue, welche Silberschlag offensiv ausüben, indem sie das gegenüberliegende Ufer, oder auch wohl eine Strom gelegene Insel oder eine Sand- oder Kiesbank in die Höhe versetzen sollen. Rauschbuhnen heissen sie in dem Falle, wenn ein starkes Gefälle zwischen je zwei einander gegenüber liegenden Buhnen sich bildet. Letztere dienen demnach zur Erzeugung des Staues, und ihr Zweck ist derselbe, den man besser durch Parallelwerke erreicht. Die vorstehenden Aufstauungsbuhnen sind eigentliche Einbaue: ausserdem kommen auch Schöpfungsbuhnen vor, d. h. Werke an den obern Spüßinseln, die durch ihre Richtung dem einen, oder dem andern die Hauptströmung zuweisen sollen, jedoch sehr häufig das Gegentheil von dem herbeigeführt haben, was man durch die Anlage beabsichtigte. Ferner nennt man Trennungsbuhnen (Separationswerke) diejenigen Werke, welche vor dem

ang von Seitenzuflüssen oder Nebenarmen angelegt werden, die unregelmässige Verbindung derselben mit dem Hauptstrom zu verhindern. Endlich werden zuweilen auch diejenigen Buhnen, welche Stromarme ganz abschliessen, Sperrbuhnen genannt, wofür die gewöhnliche Benennung Coupirung ist. Die Wirkungsart der eigentlichen Einbaue bei verschiedenen Wasserständen ergibt sich aus dem, was oben (§. 68) den Effect des strömenden Wassers gesagt ist. Die Buhne bei kleinem Wasser, oder so lange sie nicht stark strömt wird, einen Theil des Profils, und die sämmtlichen Vorfläden, die früher daselbst abflossen, müssen nunmehr durch den übrigbleibenden Theil des Profils hindurchgehen. Hieraus ergibt sich augenscheinlich für den letztern eine vermehrte Geschwindigkeit und sonach ein verstärkter Angriff gegen das Bett. Vor dem Einbau bildet sich keineswegs stehendes Wasser, vielmehr bemerkt man hier gewöhnlich eine frische Strömung, häufig kommt es sogar vor, dass einzelne Buhnen, besonders die weit in den Strom vortreten, in der Art, wie Fig. 84, die Richtung desselben wenig zu verändern scheinen. Durch die punktirten Linien ist diese Richtung des Stroms oder Stromstrich vor und nach dem Bau in der Art angedeutet, wie sich häufig in der Oberfläche des Wassers zeigt. Es kommt sogar vor, dass Schiffe bei der Thalfahrt durch den Strom in einem Winkel oberhalb der Buhne hineingezogen werden, und vom gegenüberliegenden Ufer aus die Sandbänke während ihres Laufes und bald nachher sich viel weiter in das Bett hineinziehen, als es vorher der Fall war. Diese auffallende Erscheinung, nämlich eine ansehnliche und zuweilen sogar eine sehr heftige Strömung sich erhält, unerachtet der gerade Wog für sie abgelenkt wird, ist einertheils dadurch zu erklären, dass in jedem Querschnitt des Stroms, wenn auch nicht in aller Schärfe, doch meistens ungefähr, das Wasser im Niveau bleibt, daher ist es möglich, dass in dem von der Buhne und dem Ufer eingeschlossenen Winkel das Wasser eben so hoch stehen sollte, als in denjenigen Profile stromaufwärts, wo man schon den Beginn der Wirksamkeit der Buhne erwartet. Das Gefälle, welches hier längs dem Ufer zwischen A und B bleibt, muss offenbar eine gewisse Strömung erzeugen. Wollte man annehmen, dass

dieses Gefälle sehr geringe sei, so würde wieder das Gefälle dem Querprofile selbst dicht oberhalb der Buhne zwischen *B* und *C* um so grösser ausfallen und eine Folge davon würde sein, dass das Wasser aus dem Winkel oberhalb der Buhne oder vom Punkte *B* aus um so schneller nach dem Kopfe *C* abfliessen und daher in *B* senken müsste. Dadurch würde sich aufs Neue ein stärkeres Gefälle und mit ihm zugleich eine vermehrte Strömung von *A* nach *B* bilden. Das relative Gefälle der Uferströmung kann in der That nur in dem Maasse sich vermindern, wie der Weg durch die Buhne verlängert worden ist, und diese Verlängerung ist gemeinhin so unbedeutend, dass ihr Einfluss durch die Vergrösserung der Tiefe in dem scharf begrenzten und gekrümmten Wege aufgehoben wird. Während der Dauer des niedrigen und mittleren Wassers pflegen daher die günstigen Verhältnisse, die man bei der Anlage der Buhnen erwartet, noch nicht einzutreten.

Ein andrer Grund, der vorzugsweise dazu beiträgt, die Strömung neben dem Ufer zu erhalten, liegt ohne Zweifel in der Gestaltung des Strombettes. Man darf nicht voraussetzen, dass die Buhnanlagen auf eine weite Entfernung stromaufwärts von Einfluss sind. Ein solcher kann im Allgemeinen hier darin bestehen, dass die Buhnen durch den erzeugten Aufstau das Gefälle mässigen: aber dieses verschwindet sogleich, wie die grössere Tiefe vor dem Kopfe einen verstärkten Abfluss gestattet. Das Wasser verfolgt sonach unmittelbar nach der Ausführung des Baues seinen früheren Weg, und vermöge seines Beharrungsvermögens behält es auch, sobald es in den Wirkungskreis einer Buhne tritt, diejenige Richtung bei, die ihm durch die Gestaltung des vorhergehenden Theiles des Strombettes, und namentlich durch die tieferen Runnen in demselben angewiesen wird. Diese Verhältnisse werden gleichfalls nicht früher verändert, als bis durch das Hochwasser eine wesentliche Umformung eingetreten ist. Es erklärt sich indessen hieraus, dass einzelne Buhnen, besonders wenn sie stark vortreten, weit entfernt eine Regulirung des Stromes hervorzubringen, vielmehr die Unregelmässigkeit desselben noch vergrössern. Aber auch selbst zur Zeit des Hochwassers können solche isolirte Anlagen keinen günstigen Erfolg bewirken, und es haben überall, wo man sie erbaut hat, nichts effertirt, nähmen sie unverhältnissmässig grosse Unterhaltungskosten erfordern.

wenn man diese nicht mehr darauf anwenden will, schnell fort werden.

Endlich ist ohne Zweifel auch die Adhäsion der Wassermassen unter sich ein dritter Grund, woher die Strömung neben dem Ufer vor der Buhne nicht ganz aufhören kann. Es ergiebt sich aber, dass diese drei Gründe immer mehr an Bedeutung verlieren, in je kürzerem Abstände die Buhnen einander folgen. Es besteht daher das sicherste Mittel, um den Strom vom Ufer zu trennen und in denjenigen Theil des Bettes zu weisen, den man eigentliches Strombett offen erhalten will. Hierbei muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Entfernung der Buhnen unter sich keineswegs allein von ihrer Länge abhängig ist, sondern dass man vielmehr eine bestimmte Beziehung zwischen dieser Entfernung und der Breite des Stroms aufsuchen muss. Es ergiebt sich dieses schon aus dem Umstande, dass, wenn die Buhnen später ihren Zweck erfüllt und die Verlandung zwischen ihnen erzeugt haben, die letztere noch dauernd durch sie verhindert werden muss, damit nicht neue Ufereinbrüche und Veränderungen sich erzeugen. Dabei ist offenbar die Lage des Ufers zur Zeit der Regulirung ganz gleichgültig, und folglich auch die ursprüngliche Länge der Buhnen. Es kommt darauf an, dass die Buhnenköpfe, welche die Festpunkte für das Ufer bilden, so neben einander liegen, dass keine nachtheilige Stromkrümmung zwischen entstehen kann, und ohne Zweifel ist die Breite des Stroms der einzige Maassstab für diese noch zulässige Entfernung der Köpfe von einander. Zur Erleichterung der Anlage kann es allerdings dienen, wenn man in tiefen Buchten Anfangs die Buhnen grösserm Abstände von einander legt: sie werden alsdann aber weniger wirksam sein, und sie können nur dazu dienen, einigermaßen die Verhältnisse zu verbessern und einige Verlandung zu erzeugen. Sobald dieser Zweck durch sie aber herbeigeführt ist, so müssen sie noch durch dazwischengelegte Werke in ihrer Wirksamkeit unterstützt werden. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass man die spätern Bauten in einer geringern Wassertiefe auszuweisen auch in geringerer Länge, also in beider Beziehung einander ausführen kann.

Verfolgt man ferner die Strömung des niedrigen Wassers, so wird dieselbe sich vor dem Kopfe oder dem äussern Ende der

Buhne und unterhalb desselben bildet, so findet augenscheinlich an der Stelle, wo die Buhne liegt, nicht nur wegen der Verengung des Profils die grösste Geschwindigkeit statt, ausserdem trifft gerade hier die Seiten- oder Uferströmung dem nicht abgelenkten Strome zusammen; ausserdem trifft hier auch das stärkste Gefälle und oft ein förmlicher Wasserschwall. Alle diese Umstände wirken auf die Vertiefung dieser Stelle, welche in der Regel auch sehr stark und sehr schnell vorwärtst. Oft stellt sie sich in solcher Grösse ein, dass selbst die Wasserfäden von der andern Seite des Stromes sich hierher wenden, weil ihre Abführung hier am wenigsten behindert wird, und scheinlich erfolgt dieses auch aus dem Grunde, weil gerade vor der Buhne das Wasser am niedrigsten steht, und somit der heftigste Strom schräge dahin gekehrt wird.

Die starke Vertiefung vor dem Kopfe der Buhnen ist schon als eine Unregelmässigkeit im Strombett an sich nachtheilig, und wird es um so mehr, als sie zuweilen eine übermässige Verengung des Profils und dadurch auch eine besonders heftige Strömung veranlasst, welche den Betrieb der Schifffahrt sehr erschweren und selbst gefährlich machen kann: endlich aber wird auch für die Buhne selbst eine grosse Gefahr herbeigeführt, während des Baues pflegt sich die Vertiefung zu zeigen, indem sie immer vor dem Kopfe des bereits fertigen Theiles tritt, so geschieht es nicht selten, dass man die ganze Buhne in einer weit grösseren Tiefe ausführen muss, als es nach den vorhergehenden Untersuchungen des Grundes zu erwarten war. Es ist nicht an Beispielen, dass Buhnenanlagen gar nicht beendigt werden konnten, weil die Tiefe und zugleich die Strömung immer heftiger wurde. Von den Vorsichtsmaassregeln, welche in dieser Beziehung treffen kann, soll später bei Beschreibung der Constructionen die Rede sein, hier muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass dieser Uebelstand immer am bedenklichsten wird, wenn man mit einem einzelnen Bau sehr weit in den Strom hinausgeht und die Verengung des Profils ein besonders starkes Gefälle oder einen sehr hohen Aufstoss verursacht. Will man dagegen eine Buhne in nicht gar weiter Entfernung vom Mündungspunkte ausführen, so vertheilt sich das Gefälle der zu corrigirenden Strecke auf alle, und es wird an jeder einzelnen in dem

Umsso geringer, woher auch seine Wirkung sich viel mässiger stellt. Ausserdem gewährt jede fertige Buhne einen merklichen Schutz der nächstfolgenden, und indem man das ganze von Buhnen an das regelmässig geformte Ufer anschliesst, ist das oberste Werk nur kurz und daher leicht aufzuführen, jedes folgende tritt vor dem früheren in gleicher Art nur ein wenig vor, so dass kein einziges in seiner ganzen Länge von einem besonders heftigen Strome getroffen wird.

Unterhalb des Kopfes der Buhne trifft der sehr vermehrte Strom mit einer Wassermasse zusammen, die an der allmählichen Bewegung wenig Theil nimmt und wenigstens von oben keinen Zufluss erhält. Hier bilden sich in Folge der Adhäsion Wasserfäden jene Wirbel oder Widerströme aus, deren schon oben Erwähnung geschehn ist, und zu ihrer Mässigung trägt daher eine sanfte Dossirung des Kopfes der Buhne sehr wirkend bei. Ausserdem aber sind sie um so schwächer, je geringer das Gefälle vor der Buhne bleibt, und sonach lässt sich ihr schädlicher Einfluss gleichfalls vermindern, wenn man die Anzahl der Buhnen vergrössert, oder das Gefälle der ganzen Stromstrecke mehrere vertheilt.

So lange der niedrige Wasserstand anhält, oder wenigstens so lange die Buhnen nicht stark überströmt werden, so beschränkt ist der Effect, den sie herbeiführen, grossentheils auf die Verengung des Bettes unmittelbar vor dem Kopfe: es bilden sich hier kleine Lächer, die sich bald nach oben, bald nach unten hin weiter ausbreiten, die aber, wenn die Strömung stark ist und die Buhnen weit von einander liegen, mit der Zeit in Zusammenhang kommen und dadurch die beabsichtigte tiefe Fahrrinne durch die Lächer darstellen. Ein solcher tiefer Schlauch liegt aber, wie aus dem Mitgetheilten ergibt, jedenfalls unmittelbar vor den Buhnenköpfen. Man pflegt aus diesem Grunde den Buhnen im Allgemeinen die Eigenschaft beizulegen, dass sie den Strom ablenken. In vielen Fällen kann diese Eigenschaft sehr nützlich seyn, zuweilen ist sie aber auch sehr nachtheilig und dem Zwecke des Baues gerade entgegen. Das Letzte pflegt namentlich zu geschehen, wenn man die Anlage in der Absicht ausgeführt hat, an dem gegenüberliegenden Ufer Abbruch zu erzeugen, oder die Inseln zu beseitigen, die im Strombette sich befinden. In gleicher Weise, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

Art, versehen auch die sogenannten Schöpfgruben grossen ihren Zweck: statt den Strom von demjenigen Arm abzulenken, dessen obere Mündung sie theilweise absperrten, erzeugen sie eine so starke Vertiefung vor ihrem Kopfe, dass der Strom vorzugsweise in diesen Arm hineinwirft und dadurch der untere Arm, dem man mehr Wasser zuweisen wollte, zur Verlandung bestimmt wird.

Es lässt sich indessen aus dieser Wirkung der Buhnen wieder grosser Vortheil ziehen: besonders kann man hierin in Sandbänken, die von dem convexen Ufer aus weit in das Seebett vortreten, tiefe Rinnen einschneiden und offen erhalten, durch den Angriff gegen das concave Ufer sich vermindert. Man muss dabei freilich von der gewöhnlichen Ansicht des Sachverhältnisses abstrahiren, und sich nicht mehr an die Regel halten, dass vor convexen Ufern keine Buhne ausgeführt werden darf, wie dieses oft als allgemein gültiger Grundsatz ausgesprochen worden ist. Diese Regel beruht allein auf der Voraussetzung, dass alle Buhnen den Strom von sich abweisen, sie also in dem Falle den Angriff auf das concave Ufer vermehren, oder die Krümmung noch schärfer machen würden. In der Wirklichkeit geschieht dieses aber nicht immer, vielmehr ist das Gegentheil die allgemeinere Erscheinung, denn die meisten Buhnen ziehen den Strom an. Die Buhnen auf der Sandbank vor dem concaven Ufer wirken daher, wenn sie noch von einer merklichen Strömung getroffen werden, in gleicher Weise, wie sie es unter andern Verhältnissen thun würden: sie concentriren nämlich den Strom zu ihren Köpfen, erzeugen hier Vertiefung und dienen sonach dazu, die Sandbank, auf der sie stehen, in Angriff zu versetzen, oder dem Aufstoss des Stroms auf das gegenüberliegende bedrübte Ufer zu misshagen. Eversmann hat in einem Falle mit sehr günstiger Befolge einige Werke in dieser Art erbauen lassen: sie waren indessen so leicht construiert, dass sie einer starken Verdrängung vor dem Kopfe nicht widerstehen konnten, und daher sogleich zerbrachen, wie eine solche eintrat. Sie durften aus diesem Grunde weit über die Normalbreite des Stroms herausgeführt werden, und durch es allein möglich war, sie einer heftigen Strömung auszuweichen, welche auf die Vertiefung hinwirken konnte. Sobald diese sich aber zeigte, zog sich auch die Strömung schon zurück nach diesem Ufer hin, und der Strom blieb noch im

nach der Kopf der Buhne in der Tiefe versank und fort-
 wurde. In gleicher Weise hat es sich in vielen andern
 herausgestellt, dass stärkere Buhnen, welche dauernd die
 bezeichnen sollten, auch vor dem convexen Ufer die tiefe
 erzeugt haben.

Man kann die Wirksamkeit der Buhnen, in Betreff der Bil-
 der zusammenhängenden Rinne, ausserordentlich verstärken,
 wenn sie mit Flügeln versehen, wie Fig. 85 zeigt. Der
 dieser Anordnung liegt darin, dass man dem vorbeie-
 Wasser eine bestimmte Richtung ertheilt, die es in
 seines Beharrungsvermögens auch ferner beibehält und da-
 heranlasst wird, auf eine grössere Länge das Bett anzu-

Es bilden diese Flügel den Uebergang zu den Parallel-
 und dieselben Uebelstände, welche bei den letztern
 e, zeigen sich gewissermassen auch schon an ihnen, und
 sich betreffen diese die unregelmässige und unvollständige
 ung des Materials aus dem Flusse: sie verhindern daher
 am Theil die gehörige Ausbildung der Ufer. Nichts desto
 zieht es Fälle, wo sie sehr nützlich sind, und am Rhein
 verholentlich mit vielem Vortheil davon Gebrauch gemacht

Man kann diese Flügel entweder stromaufwärts oder
 wärts an die Buhnen anschliessen, oder auch Beides ver-
 , wie in der Figur angegeben ist. Ausserdem liegt eine
 bedenken noch darin, dass man sie entweder ganz gerade
 Richtung der beabsichtigten Uferlinie zieht, wie Fig. 85 a,
 lo eine solche Neigung und zugleich einige Krümmung
 e, dass sie um so kräftiger das Wasser verhindern, die-
 Richtung anzunehmen, welche dieses, wenn die Flügel nicht
 ten wären, annehmen würde Fig. 85 b.

Die Wirksamkeit der Buhnen bei niedrigem Wasser hängt
 antwortung der Frage ab, ob man bei der Ausführung
 ganzen Systems von Buhnen mit der obern oder mit
 den den Anfang machen soll. Insofern beim Eintritt des
 Wassers das ganze System gewöhnlich beendigt ist, wäre
 nur die Wirkung des mittlern und kleinen Wassers zu
 ichtigen. Jedenfalls wird man die Buhnen der Reihe nach
 en, weil man nur in diesem Falle aus dem schon fertigen
 des Baues für den noch in Arbeit befindlichen eine vor-

theilhafte Wirkung ziehen kann. Hat man den Bau von oben her begonnen, wie dieses häufig geschieht, so wird die Ausdehnung einer nächst oberhalb belegenen Buhne einige Erleichterung gegen den Stau erfahren, welchen das bereits fertige Werk verurtheilt. Dieser Vortheil tritt indessen auch im entgegengesetzten Falle ein, insofern die fertige Buhne, wenn sie oberhalb der zu begriffenen liegt, einen Theil des Gefälles der ganzen Strecke schon aufhebt. Bei der letzten Anordnung scheint aber noch der wesentliche Nutzen, dass man einen grossen Theil jeder einzelnen Buhne im Schutze der vorhergehenden haben kann, ohne dabei einem starken Anstosse des Stromes ausgesetzt zu sein, wogegen dieser Stromanstoss bei jeder einzelnen Buhne immer in der ganzen Länge derselben ungeschwächt eintritt. Man hat von unten angefangen und nach und nach weiter aufwärts geht. Hierbei kommt aber noch ein anderer sehr wichtiger Umstand in Betracht, der gleichfalls für den Beginn der Arbeit von oben her spricht. Die Veranlassung zu jeder Unregelmässigkeit im Strombette liegt nämlich gemeinhin weiter aufwärts: nur in sehr seltenen Fällen zeigt sich das Gegentheil, indem Verflärkungen oder Verlandungen nach der stromaufwärts gerichteten Seite anwachsen, und immer neue Sandmassen davor niederschlagen. Der gewöhnliche Fall ist der, dass die Untiefe oder ein unregelmässig gekrümmtes Ufer dem Strom eine schräge Richtung ertheilt, bei deren weiterer Verfolgung die Unregelmässigkeiten bildet. Will man also das Uebel an der Wurzel angreifen, so muss man die erste Veranlassung derselben oder die Ursache der schrägen Richtung des Stroms beseitigen. Dieses geschieht durch die obere Buhnen des ganzen Systems, und indem diese die Fortsetzung der regelmässigen Uferlinie darstellen, so dienen sie vorzugsweise zur Regulirung der Strecke, wenn sie freilich auch die folgenden Werke zur Beseitigung der Unordnung keineswegs entbehrlich machen lassen. Wenn man daher mit der oberen Buhne den Bau beginnt, so bringt man schon nach und nach den Strom in die beabsichtigte Richtung, wenigstens verhindert man es, während des Baues, oder in der Zwischenzeit, wo der Bau leicht unterbrochen wird, grössere Unordnungen erzeugen als bisher bestanden, denn keine einzige Buhne tritt vor

so dass der Strom schon durch die vorhergehenden gehörig geleitet wäre. Ganz anders verhält es sich dagegen, wenn man mit dem untern zu bauen anfängt: in diesem Falle stellt man jede einzelne Buhne, bevor sie von oben her unterstützt wird, als eine isolirte Anlage dar, welche, wie schon erwähnt worden, aller grosse Unordnungen des Stromlaufes und des Bettes veranlasst. Sollte aber schon vor Beendigung des ganzen Systems die Buhnen ein hoher Wasserstand eintreten, wie dieses oft nicht zu vermeiden ist, besonders wenn der Bau wegen seiner Ausdehnung nicht in einem Jahr vollendet werden kann, so ist der Erfolg der eintretenden Verlandungen und sonach der günstige Einfluss des fertigen Theiles, auf den Bau des noch fehlenden Theiles selbst auf die ganze Stromcorrection viel grösser, wenn man oben her angefangen hat. Es darf daher als eine allgemein gültige Regel angesehen werden, dass man bei Ausführung eines neuen Systems von Buhnen, den Bau mit den obern Werken beginnt, und nach und nach stromabwärts gehn muss.

Eine andere Regel, die ihre Begründung in dem Obigen findet, ist aber diese, dass der Bau jeder Buhne ohne Unterbrechung und möglichst schnell in der ganzen Länge ausgeführt werden muss. Unterbricht man den Bau in der Absicht, ihn später wieder aufzunehmen, so erfolgt die Vertiefung vor dem nächsten Kopfe des Werkes und diese ist Veranlassung, dass man bei der Fortsetzung nicht nur weit mehr Material und verhältnissmässig auch mehr Arbeitskräfte wegen der grösseren Tiefe braucht, sondern ausserdem verursacht der regelmässige Strom, welcher sich hier ausgebildet hat, bei der Fortsetzung des Baues auch eine weit schwierigere Arbeit. Es giebt freilich manche Methoden, durch man eine schlounigen Vergrösserung der Tiefe vornehmen kann, aber immer sollte man wohl dafür sorgen, dass man das nöthige Material, welches man wahrscheinlich nöthig hat, schon zu dem Beginne jedes einzelnen Werkes boizuschaffen. Hierin lässt es sich auch nicht rechtfertigen, wenn man vorläufig die Werken eine geringere Länge giebt, als sie eigentlich haben sollen, und man sie erst später ergänzt, sobald sich das Bedürfniss dazu herausstellt. Es ist freilich sehr schwer, schon vorher zu bestimmen, wie weit die Einschränkung des Bettes an einer Stelle getrieben werden muss, um die beabsichtigten Erfolge

herbeiführen, und es ist natürlich, dass man in der Uebersicht hierüber lieber zu wenig, als zu viel thut. Nichts weniger sollte man die Erfahrungen, die an demselben bereits früher gesammelt sind, immer sehr sorgfältig benutzen, die zweckmässigste Entfernung der beiderseitigen Uferlinien vorher möglichst genau bezeichnen zu können.

Bisher ist nur von der Wirksamkeit der Einbauten bei hohem oder mittlerem Wasserstande die Rede gewesen, das während der Zeit, in welcher sie nicht überströmt werden, Erfolge beschränken sich unter diesen Verhältnissen vorzugsweise auf die Umgestaltung und namentlich auf die stellenweise Vertiefung des Bettes. Doch auch diese bleibt bei kleinem Wasserstande meist ziemlich unbedeutend, insofern die Buhnen nur an den Stellen, wo sie gerade liegen, die Vertiefung hervorbringen, in den Zwischenräumen zwischen ihren Köpfen der Strom oder weniger noch die alten Rinnen verfolgt. Eine Ausbuchtung der Ufer tritt aber erst ein, wenn das Wasser über die Buhnen fortgeht, und eine starke Strömung sich in dem zwischen den Buhnen ungeschlossenen Raume bildet. Die Bedingungen, von welchen die Erhöhung des Bettes an diesen Stellen abhängig ist, sind schon oben erwähnt worden. Das schwere Geschiebe, welches auf dem Grunde fortrollt, muss, ohne dass es eine Umdressirung heranzustreigen oder seine Richtung stark zu verändern braucht, in die Zwischenräume zwischen den Buhnen gelangen werden. Es bleibt daselbst liegen, wenn einige Beruhigung des Wassers eintritt, und namentlich wenn die starke Strömung unmittelbar über der Sohle gehemmt wird. Die feineren Sedimente, welche im Wasser schweben, treiben dagegen über die Buhnen fort, und sinken nur in so weit zu Boden, als die eintretende Beruhigung dieses gestattet. Man darf nicht erwarten, dass das Abbrechen eines grossen Theiles des Bettes die schweren Stoffe sich über die ganze Fläche und bis gegen das frühere Ufer verbreiten, dieselben werden vielmehr jedenfalls in der Nähe der Linie, welche die Köpfe der Einbauten verbindet, liegen bleiben. Man bemerkt hier in der That fast immer die stärkste Ablagerung des schwereren Materials: und besonders reichlich pflegt dies zu erfolgen, wenn die Buhnen stromaufwärts gekehrt sind, oder wenn das schwerere Material bei Verfolgung der Richtung seiner

zung, zwischen sie hineingetrieben wird. Hierin liegt der Grund, weshalb die stromaufwärtsgekehrte Richtung der Einbaue wesentlich zur Beförderung der Uferbildung beiträgt.

Die feineren Stoffe, welche vom Strome in den durch Buhnen abgeschlossenen Theil des Bettes hineingeführt werden können leicht dusebst gar nicht ausgeschieden werden, sondern ihren Weg weiter fortsetzen, und sonach zur Uferbildung beitragen. Diese Stoffe sind es, welche den hintern Theil des Bettes zunächst des alten Ufers anfüllen müssen, weil die schweren Massen nicht mehr dahin gelangen. Es wird daher nöthig, an diesen Stellen die Geschwindigkeit zu mässigen, und es geschieht, indem man die Buhnen hier erhöht, oder man dem Strome aus, nach dem Ufer hin ansteigen lässt. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass die Strömung in der Nähe des neuen Uferrandes stark genug bleibt, um selbst die feineren Geschiebe hineinzuführen und gehörig zu vertheilen, und der feinere Sand in der schwächeren Strömung neben dem alten Ufer niederschlägt. Die Höhenlage der Krone oder des Kopfes jeder Buhne bedingt aber zugleich die Tiefe, in welcher die frische Bewegung des Wassers aufhört, und sonach die Tiefe, bis zu welcher die Niederschläge sich überhaupt ablagern können. Manche andere Umstände bleiben dabei freilich von dem Einfluss, aber im Allgemeinen hängt die Form des künstlich gebildeten Ufers doch von dem Profil der Buhnen ab. Steigen diese daher nach dem Ufer herauf, so erhält auch das Ufer eine gute Büschung, und der wesentlichste Nutzen davon beruht darin, dass alsdann die Strömung des Hochwassers sich weiter aus dem Bette für das kleine Wasser entfernt, und die Tiefe sich besser erhält. Am vollständigsten dürften diese Vortheile erreicht werden, wenn man den Buhnen gar keinen scharfen Kopf gäbe, sondern sie mit sanfter und stätiger Neigung von der Sohle des Bettes aus bis ans Ufer heraufgeführt werden. Dadurch liesse sich überdies die starke Vertiefung vor dem Kopfe vermeiden, und ebenso müssten die Widerströme und sonstigen Unregelmässigkeiten beinahe ganz aufhören. Endlich würde dabei das Wasser, sobald es einen niedrigeren Stand nimmt, auch immer um so stärker zusammengedrängt werden, und allein eine grössere Tiefe bei kleinem Wasser gesichert

wird. Eine solche Anordnung stellt sich daher als die wohl und zugleich als die einfachste dar. Man kann indessen der gewöhnlichen Constructionsart der Buhnen keinen Gebrauch machen. Nur bei Anwendung des Steinbaues steht ihr der Weg offen. An der Mosel ist diese Methode in der That in Ausführung gebracht, indem vor den Köpfen der Buhnen die auslaufende Steindämme angeschüttet wurden. Hierdurch war es möglich, während des sehr niedrigen Wasserstandes im Herbst 1842 den Betrieb der Dampfschiffahrt ohne Unterbrechung zu unterhalten.

Eine besondere Berücksichtigung in Bezug auf die Stabilität der Buhnen verdient noch derjenige Wasserstand, bei dem ein geringer Uebersturz des Wassers über die Krone der Buhnen hervorbringt. Dieser Uebersturz wird unter Umständen eine Vertiefung neben der untern Seite der Buhnen verursachen und hierdurch die regelmässige Ablagerung des Materials einigermaassen verhindern. Der Nachtheil lässt sich vermeiden, wenn man die Werke an der stromabwärts gerichteten Seite recht flach dossirt, doch ist dieses Mittel zu kostbar, dass es allgemeine Anwendung finden könnte, ausserdem ist es bei dem gewöhnlichen Packwerks- oder Faschinenbau nicht anwendbar. Die oben erwähnte Ansteigung der Krone der Buhnen nach dem Ufer hin, ist aber auch in dieser Beziehung sehr schädlich, indem sie bei jedem verschiedenen Wasserstande in der Regel auf einer bestimmten Stelle diesen stärksten Angriff erleidet und daher nie gleichzeitig auf der ganzen Länge der Buhne eine Austiefung erfolgt. Der Nachtheil der horizontalen Profile besteht darin, dass die Rinne, während sie sich gleichmässig bildet, auch einer stärkern Strömung ausgesetzt ist, wodurch sie wieder noch mehr vertieft, oder wenigstens ihre Tiefe erhält. Wenn dagegen immer nur stellenweise die Vertiefung tritt, und an andern Punkten das Material noch ungehindert angeschlagen kann, so wird diese Strömung jedesmal unterbrochen.

Am nachtheiligsten wirkt das überstürzende Wasser, wenn es bei Verfolgung seiner Richtung, nämlich normal gegen die Krone, das Ufer dicht unterhalb des Anschlusspunktes der Buhne trifft. Es ist hiervon schon bei Gelegenheit der Parallelwerke gesprochen, doch auch bei Buhnen ist dieser Umstand

ersten Wichtigkeit. Es ist klar, dass der Abbruch des Ufers Folge dieses Wasserübersturzes von der Richtung der Buhne zum Ufer abhängt. Ist der stromabwärts liegende Winkel gegen dem Ufer und der Buhne sehr spitz, so wird der Angriff am stärksten sein: dieses zeigt sich auch jedesmal und häufig stark, dass dadurch tiefe Uferseinrisse veranlasst, und nicht nur der Anschluss der Buhne durchbrochen wird. Am wenigsten nachtheilig wirkt dagegen das überstürzende Wasser, oder das Ufer leidet gar nicht, wenn der erwähnte Winkel stumpf oder die Buhne stromaufwärts gekehrt ist. Dieser Umstand begründet den wesentlichsten Vorzug der letzten Richtung der Werke.

Die Krone der Buhnen ist vielfältigen Angriffen ausgesetzt, dass sie gemeinhin nach einiger Zeit ihre Regelmässigkeit verliert. Man stellt sie freilich, soweit es für nöthig erachtet wird, nach jeder Beschädigung möglichst bald wieder her, wenn Reparaturen aber nicht gar zu kostbar ausfallen sollen, so muss man sie auf die stärkeren Beschädigungen beschränken, es kann nicht fehlen, dass merkliche Senkungen an einzelnen Stellen noch bleiben, über welche das Wasser mit verstärkter Heftigkeit überströmt. Besonders lässt sich dieses bei den mit Schilf bewachsenen Werken nicht vermeiden, aber auch selbst bei den massiven und abgeplusterten Buhnen, die niemals ein solches Mauerwerk bilden, oder in regelmässigen Verbauden aufgeführt werden, sondern die im innern Körper jedesmal nur aus einer losen Steinschüttung bestehen, ist ein etwas regelmässiges Setzen sehr leicht möglich. Wenn nun die Krone der Buhne ganz horizontal angelegt wird, so verstärkt man an einer solchen zufälliger Weise etwas vertieften Stelle der Krone den Angriff des Wassers, so oft dasselbe überhaupt überströmt, und die stärkere Strömung verwehrt auf die Neue den Angriff. Das Uebel der Richtung der Buhne auf deren oberer Seite eintretende Gefälle wirkt daher noch um so nachtheiliger, und verstärkt gerade in der Nähe des Ufers oder vor der Wurzel der Buhne den Ueberstrom. Es geschieht auch in der That, dass diese horizontalen Buhnen leicht durchbrechen, besonders wenn sie sehr lang sind, und folglich ein starkes Gefälle erzeugen. Wenn dagegen die Buhne ansteigt, so wird allerdings eine darin vorkommende Senkung noch immer nachtheilig bleiben, und eine verstärkte Strömung

mung zur Folge haben, nichts desto weniger kann eine Krone nie in gleichem Manne, wie bei den horizontalen Kronen, blos liegen, indem die Hauptströmung immer in die Richtung des Kopfes hingewiesen wird, wo die Tiefe des überstürzenden Wassers am grössten ist, wo aber wegen der geringeren Niveauunterschiede zwischen Ober- und Unterwasser, die nachtheilige Wirkung schon sehr mässigt. Das Ansteigen der Krone ist somit in dieser Beziehung sehr wichtig, und meines Erachtens sollte es jedesmal soweit eingeführt werden, dass die Krone unter Umständen dem davorstehenden Oberwasserspiegel wenigstens parallel bliebe und niemals in der Nähe der Wurzel stärker strömt würde, als auf ihrem Kopfe. Die Neigung, welche der Krone geben kann, ist indessen nicht nur durch die Bauart der Werke, sondern auch durch die Höhe des Wassers bedingt. Es muss nämlich als eine ganz feste Regel angenommen werden, von welcher keine Ausnahme gestattet ist, dass die Krone immer etwas niedriger als das dahinterliegende Ufer sein muss. Wenn man hiervon eine Abweichung sich erlauben will, bildet sich gleich eine verstärkte Strömung hinter der Buhne, insofern das Ufer weniger fest, als die Buhne ist, so dass leicht Ausrisse und bald geht ein Stromarin um die Buhne und vereitelt vollständig ihren Zweck. In einer Stromrinne, welche ich häufig bei anderer Gelegenheit sehe, habe ich öfters bemerkt, wie Buhnen und andere ähnliche Anlagen, welche Rücksicht auf die Uferhöhe recht hoch herauf gebaut werden, alsdann statt das Ufer zu schützen, im Gegentheil dessen zu befördern, und nach einem oder zwei Jahren zum grossen Theil der Schiffahrt mitten im Fahrwasser liegen, bis endlich der Rissgang zerstört werden und verschwinden.

Nachdem ich im Vorstehenden die Wirksamkeit der Buhnen im Allgemeinen beschrieben und die wesentlichen Vortheile angedeutet habe, die man durch dieselben erreichen kann, und neuster Zeit auch wirklich erreicht hat, muss ich doch das Misstrauen erwähnen, welches man in Frankreich gegen diese Art von Anlagen hegt*). Es kommt darauf an, zu

*) Die sämmtlichen in den *Annales des ponts et chaussées* befindlichen Aufsätze über diesen Gegenstand, sprechen ein solches Misstrauen gegen Buhnenanlagen aus.

durch welche Erfahrungen die Französischen Ingenieure zu der abweichenden Ansicht veranlasst worden sind.

Insbeson dere müssen in dieser Beziehung die am Rhein dicht unter Strassburg, gegen das Jahr 1825, ausgeführten Anlagen betrachtet werden, welche Defontaine sehr ausführlich beschrieben hat.

Die Schwierigkeiten, denen man hier begegnete, waren solche, wie sie kaum irgendwo sich wieder gezeigt haben mögen, denn es dabei auch glückte, einzelne Nebenarme abzuschliessen und durch den Strom etwas mehr zusammen zu halten, so blieb doch sehr kostbare Anlagen unerachtet, dennoch die Stromregulirung höchst mangelhaft. Im Jahr 1840 floss hier der Rhein in fortwährender Zerspaltung in Nebenarme, zwischen den ungedeckten Kieffeldern hindurch, die unaufhörlich abbrachen und sich ausdehnten, und eine fortwährende, und zwar eine sehr theure Umgestaltung des Bettes veranlassten. Der Strom bot den Blick der grössten Verwilderung dar, und man sah mit Ausnahme der wenigen Stellen, wo höhere Ufer, die man dem Ueberfluth abhruhen entziehen wollte, durch Senkfäschinen im Fusse der Ufer wurden, keine Spur von einer Stromregulirung. Die Erfahrungen, welche die grössern Werke erfahren hatten, und die Unordnungen, die dadurch wieder veranlasst waren, nach der Beschreibung, die Defontaine davon macht, so richtig, dass man sich nicht wundern darf, wenn man von der Art so bauen abging, und in neuerer Zeit, wie schon erwähnt, sich nur auf die Deckung einiger Ufer beschränkte. Die Verhältnisse sind hier allerdings höchst schwierig: der Rhein hat längs der französischen Grenze das übermässige Gefälle von 1 : 1531 und dabei wird er nirgend von festen Ufern abgeschlossen, sondern sein Bett ist überall in dem abgelagerten Schutt eingeschnitten, der in fortwährender Bewegung bleibt, so dass die harte Strömung ihn trifft. Nichts desto weniger hat die Anlage der Werke selbst ohne Zweifel auch viel zu den nachherigen Erfolgen beigetragen. Die Grundsätze, worauf sich ein erfolgreicher Strombau basirt, beziehen sich sämmtlich darauf, dass man nicht gewaltsam neue Verhältnisse herbeiführen darf, sondern in solcher Weise, wie die natürlichen Veränderungen vor sich

gehn, muss der Strom auch durch künstliche Anlagen in die
 Einwirkung erfahren, und dadurch veranlaßt werden, sein
 und sein Bett in der Art umzubilden, wie man sie beider-
 wünscht. Auf der Badenschen und Baierschen Grenze, wo
 das Gefälle viel mässiger ist, verfuhr man in diesem Sa-
 erböfacte bei den beabsichtigten Geradeleitungen die Arme
 in sehr mässigen Dimensionen; der Hauptstrom zog
 nach und nach in dieselben hinein, und es verfloß
 mehrere Jahre, bis der neue Arm zum eigentlichen Bett
 bildet war. Während dieser Zeit blieben die alten Arme
 ständig geöffnet, und der Strom selbst fing sie an zu
 und mit abgelagertem Material anzufüllen, sobald er sich
 weise in die neuen Arme warf. Diese Anlagen sind
 ständig gelungen zu betrachten, wenn gleich die Ver-
 Serpentinaen wahrscheinlich sehr langsam fortschreiten.
 dem Französischen Gebiete wählte man dagegen ein
 schiedenes und sogar gerade entgegengesetztes Verfab-
 jenigen Arme, aus welchen man den Strom zurückwe-
 wurden ohne Weiteres mit einem Male gesperrt, und
 dem Strome überlassen, sich einen andern Ausweg zu
 Hierin lag gewiss die Hauptveranlassung des Anzi-
 Werke selbst, sowie auch die durch sie gesperrten Arme.
 Ein zweiter Umstand, der gleichfalls sehr nachtheilig
 musste, war die grosse Höhe, in der man die Werke
 ihre Krone lag zum Theil (z. B. in dem Werke, welches
 den Lämmerich Giesßen sperren sollte) 15 Fuss über
 gen Wasser, und die Aeusserung von Defontino in
 geringen Dauer des Strauches, zeigt deutlich, dass er
 wegs auf die Höhe des niedrigen Wasserstandes, und
 darüber beschränkt hatte. Die grössern Werke, die
 führt sind, und welche sich so wenig bewährten, waren
 Conpirangen, wodurch Nebenarme gesperrt werden
 bildeten jedoch für das Hochwasser förmliche Einbaue
 in einer Länge von 100 bis 400 Ruthen in das Fluth-
 ein, während sie bei der Entfernung von etwa einer hal-
 von einander sich unmöglich gegenseitig unterstützen.
 Ueber die kürzeren Einbaue erfährt man wenig, doch
 gleichfalls eine sehr unzweckmässige Höhe.

später wurden in Frankreich, um die verschiedenen Ansichten der Ingenieure über die Wirkungen der Einbaue mit der Erfahrung zu vergleichen, auf der Loire, und zwar in einer sehr geraden, vom Strömungstreke, noch besondere Versuche angestellt: doch auch diese liefen wieder höchst ungünstig aus^{*)}. Das Bette der Loire zwischen Spaltungen, Inseln und Sandfeldern, hatte an der zum Bau gewählten Stelle eine Breite von 63 bis 100 Ruthen: von dem rechten Ufer aus, im Abstände von 200 bis 300 Ruthen, drei Werke senkrecht gegen die allgemeine Richtung des Stromes, von denen jedes ungefähr 66 Ruthen lang war, und dem gegenüberliegenden Ufer bis auf etwa 30 Ruthen näherte. Diese Werke waren, wie es scheint, horizontal und lagen $1\frac{1}{2}$ Fuss über dem Sommerwasser. Zwischen den beiden unteren Bühnen sollte in den nächsten 3 Jahren ein gerades Bette neben dem alten Ufer sich auszubilden: zwischen die beiden obern warf sich der Strom sehr schnell der Strom stärker hinein, als es früher gewesen war. Nach sieben Jahren war die Strecke viel mehr verändert, als vor dem Bau. Die Bühnen hatten nur neben sich, ohne eigentlich an ihrer untern Seite einige Verlandung erzeugt, und es scheint, als wären sie Veranlassung gewesen, dass der Strom sich zwischen je zwei stark hineingedrängt hatte und sonach dem Ufer zum andern in scharfen Krümmungen serpentisirte. Diese war dabei auch nichts gewonnen. Minard meint, die Bühnen wären noch nicht lang genug gewesen, ausserdem bemerkt er, dass sie zu weit auseinander lagen. Das letzte ist ohne Zweifel richtig, aber hiervon abgesehen kann man von solchen Bühnen, welche nur den Strom beschränken, ohne ihn regelmässig zu lenken, auch keinen günstigen Erfolg erwarten, und vollende Ausbildung der Ufer war dabei ganz unmöglich. Die ungünstigen Resultate kann man sonach nicht der Anwendung der Bühnen im Allgemeinen zur Last legen, vielmehr rühren sie nur von der unzweckmässigen Anordnung derselben her. Diese Resultate bestätigen übrigens wieder, was oben von der schädlichen Wirkung der weit vortretenden isolirten Einbaue gesagt ist, denn solche muss man diese drei Werke ansehen.

^{*)} Minard Cours de Construction. Paris 1841. pag. 77 ff.

Wie weit die Einbaue vortreten und in welche Form sie von einander gelegt werden müssen, hängt von der Beschaffenheit der zu corrigirenden Stromstrecke ab: die betreffenden Details sollen später, wenn von der Anordnung der Strombauten die Rede ist, mitgetheilt werden (§. 73). Hier ist aber noch die Richtung der Einbaue gegen die des Stroms näher zu untersuchen.

Die Einbaue oder Buhnen sind entweder stromabwärts geneigt, oder declinant. In dieser Art wurden sie früher ausschliesslich angelegt, und man hatte dabei die Absicht, sie förmlich als Richtwerke den Strom leiten sollten, was That auch geschah, wenn sie weit genug herabgezogen waren. Die senkrechten Buhnen treten normal gegen die Richtung des Stromes in das Bette hinein, und wenn sie endlich stromaufwärts geneigt sind, so heissen sie inclinante Buhnen.

Welche Richtung unter diesen die vortheilhafteste ist, wird keineswegs allgemein anerkannt, obwohl die schon oben angeführten Erfahrungen darüber sehr sicher entschieden haben. Bélidor sagt *), dass diejenigen Einbaue, welche stromaufwärts geneigt sind (also die inclinanten), zwischen sich die Verlandung erzeugen. Diese Ansicht hat sich in neuerer Zeit in Deutschland ziemlich allgemein geltend gemacht, nur in England hat sich in dem bereits angeführten Aufsatze noch im Jahr 1822 für die declinanten Werke ausgesprochen. In Holland wird man die Methode, dass bei einem ganzen Systeme von Buhnen die oberste stark declinant und alle übrigen senkrecht sein sollen: die Wirkungen dieser Werke sind wohl nicht in der Art, dass sie sich als Muster empfehlen, sie sind auch fortwährend den starken Beschädigungen ausgesetzt, und lassen sich eine regelmässige Ablagerung des Materials oder die Verlandung gehöriger Ufer bemerken. An der Tyne oberhalb Newcastle liegen lange Reihen von Buhnen, die inclinant und ganz in der Weise, wie man sie bei uns anordnen würde, erbaut waren; man muss indessen bemerken, dass ich sie nur im Vortheile der Eisenbahn nach Carlisle gesehen und nicht näher untersucht habe.

*) *Architecture Hydraulique. Tome IV. §. 1012.*

Um die Wirkungen der verschiedenen Buhnen zu prüfen, liess ich in einem kleinen künstlichen Canale die Ablagerung des Abtreiben des Sandes zu beobachten: Fig. 86, Taf. XXXIII. Die Resultate dieses Versuches dar. Die punktirten Stellen zeigen dabei die Ablagerung des Sandes und die schraffirten Ausspülung desselben. Es traten indessen während der Versuche manche Anomalien ein, wobei die Wirkung sich nicht gleichmässig und sicher zeigte, wie die Zeichnung es anzeigt. Es wurde, ohne dass ich den Grund davon bemerken konnte, der Sand plötzlich von einer Stelle fortgeführt, oder auf einer Stelle aufgehäuft, und so änderte sich fortwährend die Ablagerung des Sandmassen. Die Strömung war durchaus gleichmässig, in der Zuluß des Wassers durch einen schwimmenden Heber bewirkt. Der feine Sand floss indessen nicht gleichmässig zu, sondern wurde in grössern Massen eingeworfen, und lagerte sich sehr hoch im Bette des Canales ab. Indem er langsam weiter fließen wurde, gab er wahrscheinlich die Veranlassung zu den eben erwähnten Veränderungen. Die Einbaue bestanden aus metallener dreiseitigen Pyramiden, die auf einer der drei Seiten ruhten, daher solche Werke vorstellten, deren Krone vom der Wurzel zum Kopfe stark abfällt und im Flussbette ausläuft. Zwischen den senkrechten Buhnen, die mit A bezeichnet sind, zeigte sich der Sand merklich ab, doch erlaubte die wirbelnde Bewegung nicht, dass er sich an eines der Werke anschliessen konnte, und ebenso wenig geschah dieses unmittelbar neben dem Werke. Die Strömung vor den Köpfen blieb ziemlich mässig, so dass hier nicht selten der Boden des Canales bedeckt wurde. Wenn die Einbaue stromabwärts oder declinant gestellt wurden, wie in B, so war die Ablagerung des Sandes schwächer und der Auftrieb vor dem Kopfe stärker, und noch schwächer gaben beide Buhnen sich bei einer inclinanten Stellung zu erkennen, wie in C, wobei die Strömung vor dem Kopfe auch augenscheinlich weit stärker gegen den Hauptstrom gekehrt war, als in den ersten Fällen.

Die Bedingungen, von welchen die Bewegung oder die Ruhe einzelner Sandkörnchen und sonach die Ausspülung oder Ablagerung grosser Sandmassen abhängt, sind ohne Zweifel in dem kleinen Canale dieselben, welche in grossen Strombetten die

Veränderungen herbeiführen. Es steht sonach zu erwarten zur Aufklärung dieser höchst wichtigen, aber noch sehr unvollständigen Erscheinungen, solche Experimente im Kleinen, wobei allmählig sich viel leichter verfolgen lassen, wesentlich machen zu können. Eine ganz unbegründete Folgerung wäre es aber, wenn man ohne weitere Untersuchung annehmen wollte, dass die Ablagerung des Sandes in gleicher Art im Modelle, wie im natürlichen Strome vor sich gehn sollte, da offenbar der veränderte Zustand auf die innern Bewegungen den wesentlichsten Einfluss übt. Ich habe die Resultate der im Kleinen angestellten Versuche nur deshalb angeführt, weil sie sich an die im natürlichen Strome gemachten Erfahrungen ungefähr anschliessen: und bemerke, dass wenn ich in dem kleinen Canale durch eingelegte Drahtschlingen Unebenheiten auf dem Boden darstellte, der darüber liegende Sand aufgehoben wurde, und sich in diesen Furchen der Wirkung des Stromes entzog. Eine Ausnahme hiervon machte sich nur, wenn gerade, wie etwa vor den Köpfen der Buhnen, sehr heftige innere Bewegungen stattfanden, wodurch der Sand Gelegenheit erhielt, mit grosser Kraft in die kleinen Zwischenräume einzudringen.

An grossen Strömen ist es gleichfalls nicht leicht, die Wirksamkeit dieser verschiedenen Arten von Buhnen zu beobachten, weil sie nicht unter denselben Verhältnissen vorkommen, und man die abweichenden Erfolge als unmittelbare Resultate der verschiedenen Richtung ansehen dürfte. Man hat, soviel bekannt ist, niemals den Versuch gemacht, unter ganz gleichem Stande die drei Arten von Buhnen an demselben Flusse gleichzeitig zu erbauen, um unmittelbar aus der Erfahrung ihre Vor- und Nachtheile und vielleicht auch die Grösse des Winkels zu lernen, unter welchem sie gegen den Strom geneigt zu seyn, wenn sie die günstigsten Resultate herbeiführen sollen. lässt sich sonach der Unterschied ihrer Wirksamkeit nur allgemein bezeichnen.

Die stromabwärts geneigten oder declinanten Buhnen, welche, wie bereits erwähnt worden, den Uebergang zu Parallelwerken bilden, leiten, besonders wenn sie sehr weit vom Ufer abgehen, die Strömung bei kleinem Wasser am stärksten. Aus dem stumpfen Winkel, oberhalb der Buhnen

Wasser ohne starke Veränderung seiner Richtung ab, und sobald es den Kopf des Werkes passirt hat, nimmt es eine neue Richtung gegen das abgeschlossene Bassin unterhalb der Buhne an. Der letzte Umstand ist indessen, insofern sich an dieser Stelle keine starke Verlandung bildet, für die Schifffahrt nachtheilig. Dagegen entsteht zur Seite dieser Buhnen, besonders wenn sie recht lang sind, eine etwas vertiefte Rinne, die nicht schon zum Durchgange der Schiffe benutzt werden kann. Es kommt es, dass die Schiffer, indem sie nur die augenblicklichen Erfolge berücksichtigen, gemeinhin sich für die declinanten Werke aussprechen und dieselben allen übrigen vorziehen. Dieser sehr grosse Uebelstand, der sich bei ihnen jedesmal einstellt, ist sich auf die unregelmässige und sehr langsam vorschreitende Verlandung der Ufer, welche überdiess, wenn sie überhaupt erfolgt, noch die Ausführung vielfacher Nebenwerke erfordert. Bei declinanten Buhnen, besonders wenn sie mit dem Ufer einen sehr stumpfen Winkel bilden, ist die Ablagerung des Materials unbedeutend, indem dasselbe durch die erwähnte Strömung wieder sortgezogen wird. An der untern Seite dagegen bilden sich regelmässig sehr heftige Widerströme aus, die sich dem Ufer erstrecken, und daher den Anschluss der Verlandung ebenfalls ebensowohl, wie an das vorbergehende und folgende Werk verhindern. Dazu kommt noch, dass die Oeffnung zwischen den Werken der Bewegung des herabtreibenden Materials abgehemmt, und dieses daher nicht so leicht hindurchdringen kann. Der grösste Uebelstand besteht aber darin, dass bei Wasserwerken, welche die Krone in der Nähe des Anschlusses etwas überragen, das darüber fallende Wasser sich normal gegen die Krone des Werkes bewegt und gerade auf das Ufer trifft und sehr stark angreift. Die letzte Erscheinung stellt sich bei declinanten Werken sehr augenfällig ein, und sie ist es gewesen, welche deren Anwendung in neuester Zeit sehr behindert hat. Man hat vielfach den Versuch gemacht, diesem Angriff dadurch vorzubeugen, dass man die Buhnen noch mit Anschlusswerken versieht, das von ihrem Kopfe aus als zweite Buhne nach dem Ufer geführt wurde. Es bildet sich dann ein ringsum abgeschlossenes Bassin in der Gestalt eines Kreises, das allerdings den Angriff gegen das Ufer und zugleich gegen das Werk, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

den Widerstrom mässigt, worin sich auch das Wasser beruhigen kann, dass die schwebenden Stoffe nieder dieses Bassin ist aber dem Zutritt der gröberen Stoffe gezogen, woher die Verlandung darin nur langsam vor Ausserdem ist ein solches Werk viel kostbarer, als die Buhnenanlage. Wiebeking hat mehrfach diese Trinne. Endlich muss noch erwähnt werden, dass für die Ausfallstromabwärts geneigten Buhnen, wie es scheint, gerade die Schwierigkeit darboten, indem vor dem jedesmaligen Kopf der Strom sich sehr stark in das gesenkte Wasser unter Baues hineinwirft. Hierdurch werden die ausgeworfenen immer heftig gedreht, und dieser Umstand verhindert den einzelnen Lagen weit vorzugehn, wenn die Strömung etwa an sich nur sehr schwach ist.

Sind die Buhnen stromaufwärts oder inclinant, so zeigen sie sich in Betreff der Bildung der Ufer samer, als die declinanten. Zwischen ihnen kommt das vollständiger zur Ruhe, und zwar ebensowohl oberhalb halb, ausserdem wird in viel grösserer Menge das sedimental in die Zwischenräume zwischen den Werken hineingeworfen und was der wichtigste Umstand ist, das überstürzende trifft nicht mehr das Ufer und verursacht daher auch den Abbruch desselben. Auf diese Weise zeigen die inclinant, wie dieses schon von Bélidor bemerkt ist, die stärksten Verlandungen. Ein anderer Vortheil bezieht sich auf die Leichtigkeit ihres Baues: die Faschinenlagen, welche man bringt, stützen sich nämlich viel sicherer gegen den bewegten Theil des Baues, an den sie durch den Druck des Stroms hingedrängt werden. Dagegen sind sie, wie dieses wohl Abrede gestellt werden kann, für die Schifffahrt am nachtheilichsten, woher die Schiffer, besonders wenn sie die Wirkungen dieser Werke aus der Erfahrung noch nicht kennen, fast jedesmal über sie Beschwerde führen. Die Besorgnisse sind darauf, dass die Schiffe auf die stromaufwärts gerichteten Köpfe aufgetrieben werden möchten, und ohne Zweifel ist es einige Aufmerksamkeit, um dieses zu vermeiden. Wenn ein sandiges concaves Ufer in Abbruch steht, und die Buhnen nicht gar zu unregelmässig ist, so kann man bei der T

Schiffe ganz frei, und ohne dass sie vom Ufer abgehalten werden dürften, davor horabtreiben lassen: es ist sogar für die Auße ohne Nachtheil, wenn sie auch das Ufer berühren und an vorbeistreichen und zugleich dessen Abbruch noch mehr fördern. Wenn dagegen eine Verbauung dieses Ufers, und nur durch inclinante Buhnen stattgefunden hat, so ist dieses glose Vorbeistreiben nicht mehr möglich, der Schiffer muss vielmehr das Schiff vorsichtig steuern, und zuweilen wird es sogar nöthig, dass man das Schiff durch Aussetzen von Scheerbäumen, oder Rudern, oder auf andere Weise von den Buhnenköpfen halten muss: eine solche Unbequemlichkeit pflegt schon zu heftigsten Klagen Veranlassung zu geben. Gerade die inclinanten Buhnen verstanden aber am stärksten, und wenn sie sonst richtig angeordnet waren, so pflegen sie auch am schnellsten ungünstigere Verhältnisse herbeizuführen, wo jede Ursache zu einer Besserung aufhört. In manchen Fällen, und namentlich wenn das Gewässer sehr stark gekrümmt, und die Strömung sehr heftig ist, muss man indessen von den inclinanten Buhnen und sogar vom Buhnenbau überhaupt abstrahiren, weil dadurch die Schiffahrt nicht nur unbequem, sondern vielleicht einer wirklichen Gefahr blossgestellt werden könnte: alsdann muss man entweder eine zusammenhängende Uferdeckung vornehmen oder ein Parallelwerk erbauen.

Die Wirkungen der senkrechten Buhnen fallen zwischen der declinanten und inclinanten: die Vertiefungen vor ihren Köpfen scheinen im Allgemeinen und unter übrigen gleichen Umständen am unbedeutendsten zu bleiben. Sie gewähren in Bezug auf die Kosten der Anlage den Vortheil, dass sie für eine geringere Entfernung des Kopfes vom Ufer die geringste Länge erfordern: dieser Vortheil wird indessen häufig durch andere Umstände und vielleicht selbst durch die grössere Schwierigkeit des Baues aufgehoben.

Wenn es sich aus dem Angeführten ergibt, dass die inclinanten oder die stromaufwärts gerichteten Buhnen für die eigentliche Stromregulirung die günstigsten Wirkungen herbeiführen, so steht noch die Frage, unter welchem Winkel sie gegen das Ufer geneigt werden sollen. Im Allgemeinen ist die Berücksichtigung ihrer Länge so wichtig, dass man schon aus diesem

Grunde sich nie weit von der senkrechten Richtung entfernt wird. Dazu kommt, dass der Angriff, den das überstehende Wasser gegen das Ufer ausübt, schon aufhört, sobald es nach unten gekehrte Winkel etwas grösser, als ein rechtes. Endlich wird der vortretende Kopf für die Schifffahrt immer so gefährlicher, je mehr die Buhne von der senkrechten Richtung abweicht. Wenn also nicht vielleicht besondere locale Verhältnisse vorkommen, oder die baldige Ausbildung der Ufer von wiewegender Wichtigkeit ist, so pflegt man den Neigungswinkel gegen das Ufer nicht leicht unter 60 Graden anzunehmen, ihn nach Umständen bis zu 75 Graden anwachsen zu lassen, ihn noch mehr dem Rechten zu nähern. Die Neigung von 75° ist vielleicht die gewöhnlichste. Es ergibt sich aber aus dem, was über den Einfluss der Neigung gesagt ist, dass der Gegenstand bis jetzt wenig aufgeklärt und daher gar keine Veranlassung vorhanden ist, sich in aller Schärfe um gewisse Winkel zu bemühen. Es verdient indessen doch bemerkt zu werden, dass man bei scharfen Krümmungen und zwar von den concaven Ufern die Werke steiler, oder dem rechten Winkel näher anzuordnen, als in den mehr geraden Stromstrecken, und zwar geschieht dies theils in Bezug auf die Sicherheit der Schifffahrt und theils insofern das schwerere Material beim Durchgange durch die Krümmung schon die Tendenz hat, sich dem concaven Ufer zu nähern. Vor den convexen Ufern, wo die Neigung zum Vertikalen immer sehr gross ist, kann man ohne Nachtheil die Werke ganz senkrecht anlegen, wodurch sie bei gleicher Länge die Meiste effectairen.

§. 72.

Seitenzuflüsse und Stromspaltungen.

Die Verbindung zweier Ströme oder Stromarme und durch die Spaltung derselben, ist in verschiedner Beziehung wichtig, und hat schon seit früherer Zeit die Aufmerksamkeit der Italiänischen Gelehrten auf sich gezogen, so wie auch später der selbe Gegenstand in Holland zu manchen Untersuchungen und einigen Bauausführungen Veranlassung gab.

Wenn zwei Ströme zusammenfliessen und sich zu einem einzigen verbinden, oder wenn ein Strom sich in zwei Arme spaltet, so be-

ganz allgemein, dass die Breite des vereinigten Stromes zwar grösser, als die jedes einzelnen, aber lange nicht so gross, als die Summe von beiden ist. Die Erklärung dieser Erscheinung ergiebt sich sehr leicht aus den Gesetzen über die wellenförmige Bewegung des Wassers in offenen Betten (§. 65).
Ausdruck

$$M = k b t \sqrt{\left(\frac{h t}{l}\right)}$$

Es ist, dass unter Voraussetzung eines gleichen Gefälles die Breite b allerdings der Wassermenge M proportional sein würde, wenn die mittlere Tiefe oder t in beiden Fällen dieselbe bliebe. Dies findet indessen nicht statt, und es lässt sich in der That kein Grund dafür angeben, weshalb dieses sein sollte. Viel natürlicher ist die Annahme, dass das Wasser ein Bestreben hat, im Allgemeinen gewisse flache Dossirungen zur Seite des Bettes auszustellen, und hieraus ergiebt es sich, dass die Tiefe ungefähr in gleichem Verhältnisse, wie die Breite zunimmt, oder dass die Profile einander ähnlich sind. Daraus folgt wieder, dass der umflossene Umfang der Profile oder p der ersten Potenz der Breite oder der Flächeninhalt oder q dem Quadrate der Breite proportional wird. Aendert man hiernach den Ausdruck

$$M = k q \sqrt{\left(\frac{h q}{l p}\right)}$$

und führt man das relative Gefälle oder α ein, so ergiebt sich

$$M^2 = k' \alpha b^5$$

$$\text{oder} \quad b = \sqrt[5]{\left(\frac{M^2}{k' \alpha}\right)}$$

wo k' eine Constante bedeutet. Wenn das relative Gefälle in dem vereinigten Strome, sowie auch in beiden Armen dasselbe ist, so verwandelt sich der Ausdruck, indem α gleichfalls constant wird in

$$b = k'' M^{\frac{2}{5}}$$

Gesetzt, dass die beiden einzelnen Arme gleiche Wassermengen M abführen, woraus sich nach den gemachten Voraussetzungen auch eine gleiche Breite b für beide ergiebt, so fände nach ihrer Vereinigung die Breite des Stromes oder b' durch
Ausdruck

$$\begin{aligned}
 b' &= k'' (2M)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 2^{\frac{2}{3}} \cdot b \\
 &= 1,3195 \cdot b
 \end{aligned}$$

das heisst, die Breite des vereinigten Stroms ist nur etwa um den dritten Theil grösser als die der beiden einzelnen es war. Wenn sich aber umgekehrt der vereinigte Strom in zwei gleiche Arme spaltet, so ist die Breite jedes einzelnen oder b

$$\begin{aligned}
 b &= (0,5)^{\frac{2}{3}} \cdot b' \\
 &= 0,7579 \cdot b'
 \end{aligned}$$

also ungefähr drei Vierteltheile der Breite des ungespaltenen Stroms. Man sieht hieraus, welcher grosse Vortheil in Bezug auf die Ausdehnung der nutzbaren Bodenfläche durch die Vereinigung der verschiedenen Arme herbeigeführt wird: der wichtigere Nutzen dieser Vereinigung liegt aber darin, dass das gemeinschaftliche Bett eine grössere Tiefe erhält, und dadurch die Zwecke der Stromregulirung viel vollständiger erfüllt: es verkürzt sich auch die Ausdehnung der Ufer, und dadurch wird deren Erhaltung erleichtert, sowie endlich beim Eisgange die Spaltungen des Stroms in verschiedene Arme immer besonders nachtheilig zu sein pflegen.

Dass sich dergleichen Spaltungen von selbst bilden können, leidet keinen Zweifel: in den Betten aller Ströme, die sich selbst überlassen sind, pflegen vielfache Inseln vorzukommen, und es ist oben (§. 55) auch von grösseren Spaltungen die Rede gewesen, wodurch nicht nur Inseln in den eigentlichen Stromthälern entstehen, sondern es sogar geschieht, dass die Arme gar nicht mehr mit einander in Verbindung treten, und verschiedenen Stromgebieten zufließen. Ohnfern der Mündung in das Meer sind dergleichen Spaltungen sehr gewöhnlich. Die drei Hauptströme, welche an der Preussischen Küste münden, zeigen diese Erscheinung: der Memel-Strom oder Niemen fliesst durch zwei Arme, den Russ und die Gilge in das Curische Haff.

Die Weichsel spaltet sich vor der künstlich herausgezogenen Landzunge, die Montauer Spitze genannt, in die Nogat und Weichsel. Ersterer fliesst bei Marienburg vorbei, und ergiesst sich durch eine sehr grosse Anzahl kleiner Arme in das Frische Haff. Sie bildet einen kräftigen grossen Strom, der oft die grössten

Die der Wassermenge der Weichsel abführt, aber in der Nähe des Hafens schwächen sich die vielen Arme gegenseitig so sehr, dass keiner als schiffbar angesehen werden kann, und daher die Weichsel, um aus der Nogat in das Haff zu gelangen, durch den Dohl-Canal, Elbing gegenüber, in den Elbing-Fluss gehen muss, dessen Mündung weniger den Verlandungen ausgesetzt und ausserdem durch lange Hafendämme offen erhalten wird. Der andere Hauptarm, der noch den Namen Weichsel führt, fliesst in östlicher Richtung der Ostsee zu, und nachdem er sich bis auf eine Meile der Küste genähert hat, spaltet er sich bei Neu-Bude aufs Neue: der schwächere Arm, die Elbinger Weichsel, fließt indess in neuester Zeit sehr stark versandet, fließt ostwärts in das Frische Haff, in welches er wieder durch viele Arme mündet. Der linkseitige Arm, die Danziger Weichsel, zieht sich ganz westlich längs der Küste fort, bis Danzig und mündet in dem Hafen Neufahrwasser in die Ostsee. Dieser Arm hat in vier Jahren in dem grössten Theil seiner Länge zu fließen aufgehört. Bei einer starken Eisstopfung im untern Theile seines Bettes durchbrach er in der Nacht vom 31. Januar zum 1. Februar 1840 die etwa eine Achtel Meile breite Landzunge neben dem Dorfe Neufahr und eröffnete sich hierdurch in der Entfernung von einer Meile von Danzig plötzlich einen neuen um $1\frac{1}{4}$ Meilen kürzeren Ausweg nach der See. Für die Niederung, die immer bedroht war, ist dieses Ereigniss, das man schon lange herbeiführen wollte, gewiss sehr wohlthätig, indem dadurch die Abführung des Wassers wesentlich erleichtert und sogar der nachtheilige Einfluss der Spaltungen vermindert werden wird. Die zunehmende Versandung der Elbinger Weichsel, die wahrnehmlich in Kurzem in einen abgeschlossenen Schifffahrtsanal umzuwandeln werden wird, ist in dieser Beziehung schon als ein günstiger Erfolg zu betrachten. Die alte Weichsel vor Danzig hat sogleich nach dem Durchbruche die Strömung und nahm den Wasserspiegel der Ostsee an. Um sie vor Versandungen zu stellen, wurde ihre obere Mündung geschlossen und mit einer Schiffsschleuse versehen. Das Bette des Hauptstromes hat indessen noch nicht dem neuen Laufe entsprechend ausgebeugt: die stärkere Strömung giebt sich nach und nach immer mehr aufwärts zu erkennen, und es wird vielfach die Hoffnung

gehört, dass die verminderte Länge der Weichsel Vermuthen wird, vor der Montauer Spitze den Strom stärker anzuheben und dadurch die Nogat einigermaßen zu entlasten. Letzteres ist gewiss höchst wünschenswerth, da die unregelmässigen und theil überaus engen Profile zwischen den Nogat-Deichen jedem Jahre zu den gefährlichsten Eisstopfungen Veranlassung geben, und sich hier gerade besonders häufig Deichbrüche holen. Diese Hoffnung scheint insofern auch begründet, weil die Weichsel, deren Länge von der Montauer Spitze bis zur Mündung früher sehr nahe 10 Meilen betrug, jetzt fast um den Theil verkürzt ist: sie war früher zwei Meilen länger als die Nogat und ist ihr jetzt sehr nahe gleich geworden. Es ist daher wohl erwarten, dass wenn ihr Bett erst ausgebildet wird, die längst gehegte Absicht ihr vorzugsweise die Flut ungetheilten Weichsel zuzuweisen, sich weit leichter, als jetzt, erreichen lassen.

Bei der Oder kommen endlich schon vor der Mündung das Häff manche Spaltungen vor: besonders wichtig sind die zwischen dem Häff und der See, wo drei bedeutende Verbindungen die Dierow, Swine und Peene existiren.

Ein sehr auffallendes Beispiel von Stromspaltungen am Rhein in den Niederlanden, und dieses ist um so wichtiger, als sich dabei mit grosser Sicherheit seit nahe 2000 Jahren eingetretene Hauptveränderungen historisch nachweisen lassen. Ohne auf die Quellen weiter zurückzugehen, führe ich hier diejenige an, was Cornelius Velsen^a mittheilt.

Um das verschiedenartige Verhalten des Meeres in den Niederländischen Häfen an den Mündungen des Rheins klar zu machen, muss man auf ein Ereigniss zurückgehen, welches in historischem Zeite eintrat. Es ist zwar nach den darüber theilweis vorhandenen Nachrichten nicht zweifelhaft, dagegen stellt die durch seine Wirkungen mit einer grossen Wahrscheinlichkeit sich ergebende, dass der Rhein in Brabant zu einem grossentheils veränderten, und seine Beschaffenheit mit Höhenlage gestalt-

^a Kündendige Verhandlung über Cornelius Velsen. Bl. 170. II. Verhandlung von der Staat van de Rivieren. pag. 10

in Zweifel, dass er durch die Niederschläge der hier mündenden Flüsse also namentlich des Rheins und der Maas gebildet zu sei. Gegenwärtig findet vor der eigentlichen Küste, also der äussern Umgrenzung des Landes gegen das Meer kein Anwachsen des Bodens statt, sondern derselbe wird vielmehr wo man nicht durch sehr kostbare Anlagen ihn sichert, weiter abgebrochen. Wenn aber hin und wieder ein neuer Absatz sich auch jetzt noch zeigt, so besteht er nicht aus dem Marschboden, oder dem Niederschlage aus dem Flusswasser, denn er bildet sich durch den ganz rein ausgewaschenen feinen Seesand, den das Meer aus der Tiefe heraufspühlt. Von Arten von Ablagerungen kommen auch an den Mündungen der Weichsel vor: die Nogat und ebenso die Elbinger Weichsel, welche in das Frische Haff ergiessen, dehnen ihre Ufer, aus Marschboden bestehend, immer weiter aus, der dritte Arm dagegen, der Danziger Weichsel, der unmittelbar in die See mündet, bildet Sandablagerungen, die indessen, wie es scheint, nur stellenweise eintreten und wahrscheinlich wieder fortgespült worden sind, wenn man sie nicht künstlich befestigt hätte. Der Untergrund begründet sich darin, dass die Bewegung des Wassers in der abgeschlossenen Bucht, oder im Haff weit weniger heftig, als in der offenen See ist, und daher die Stoffe, welche im Flusswasser schwimmen, sich gleich ausscheiden und niedersinken können, und sie andererseits durch den Wellenschlag schwebend erhalten und nach und nach fortgeführt, und wahrscheinlich in der Ferne des Meeres, wo die Wellenbewegung aufhört, abgelagert werden. Diese Verschiedenheit, welche an der Mündung der Weichsel-Arme sich auch jetzt noch zu erkennen giebt, lässt auf die Verhältnisse schliessen, welche vor der Holländischen Küste stattgefunden haben müssen. Die ausgedehnten Flächen des Marschbodens konnten sich nur bilden, so lange die Nordsee ein abgeschlossener Busen war, und sie war dieses ehe die Verbindung zwischen Dover und Calais bestand, oder so lange das Land mit Frankreich noch zusammenhing. Die beiderseitigen Ufer stehen noch fortwährend im Abbruch, die Oeffnung erweitert sich also dauernd, und um so kräftiger werden die Wirkungen der Fluthströmung und des Wellenschlages im südlichen Theile der Nordsee. Man darf also wohl annehmen, dass die Meerenge

einst noch enger war, oder vielleicht gar nicht existirte. Es ist auch unbegreiflich, wie man in so früher Zeit, wo der Rhein und die Kunst der Entwässerung erst erfunden werden, die Idee haben konnte, ein so niedriges Land wie Holland grossentheils unter der Höhe der Fluthen liegt, zu bebauen. Dieses wird aber erklärlich, wenn man annimmt, dass die Zeit der ersten Ansiedelung hier weit niedriger war, als vermehrt gar nicht stattfanden, wie etwa in der Ostsee- und grössten Theile des Mittelländischen Meeres: dass man durch ihren allmählichen Eintritt durch kleine Vorwallungen sich schützte und diese nach und nach so erhöhte, dass sie endlich in tausenden zu mächtigen Deichen aufgewachsen sind. Die Tradition bestätigt eine solche Vermuthung: eine gewaltige Ueberfluthung, die Cimbrische Fluth, soll die Meerenge bei Calais und ganz Holland inundirt haben, so dass man von dieser sich durch Deiche schützen musste. Velsen nimmt an, dass diese Ereignisse 100 bis 150 Jahr vor Christi Geburt eingetreten, gewiss ist diese Zeitbestimmung aber durchaus unsicher.

Als die Römer in diese Gegenden kamen, spaltete sich der Rhein in der Gegend von Lobith in zwei Arme, den Waal und die Whaal: der erste, welcher damals der Hauptstrom floss wie jetzt bei Arnheim vorbei bis gegen Wijk by Duyn, von hier ab verfolgte er aber die noch bestehenden, aber ganz abgeschlossenen Canäle, der Krumme Rhein und der Rhein genannt, welche sich bei Utrecht, Woerden und Leiden vorbeiziehn. Er mündete bei Katwijk op Zee in die Nordsee. Der andere Arm, die Whaal, welche ursprünglich nur ein Nebenfluss der Maas war und wahrscheinlich mit dem Rhein in Verbindung gestanden hatte, verfolgte denselben Lauf, den er noch jetzt hat, bei Nymwegen, Thiel, Gorkum, Dortrecht und ergoss sich etwa zwei Meilen westwärts von Rotterdam in die Maas. Die Maas endlich stand beim Fort de S. Jans noch nicht mit der Whaal in Verbindung, und die Fluthen nach Gertruidenburg, durch den Biesbosch und den trechter Eiland bei Giervliet vorbei, wo sie die Whaal antrat und mündete bei Briel in die Nordsee. Die Yssel, welche nördlich von Wesel entspringt, floss in dem Wege, den sie heute noch verfolgt, bei Anholt, Doesburg, Zutphen, De

nach Kampen in den Zuider-See *). Mit dem Rhein war sie aber noch nicht verbunden, und führte keinen Theil Wassers ab.

Die Eindeichung der Fläche zwischen dem Rhein und der (Insula Batavorum) war das erste Werk, welches die Römer vornahmen: der Anfang damit wurde unter Drusus 13 Jahre vor Christus begonnen, und sechzig Jahre darauf beendigt.

Wölf Jahre vor Christus wurde eine Anlage ausgeführt, die den wichtigsten Einfluss auf die Verhältnisse des Rheins ausübte. Drusus Germanicus liess nämlich, um eine schiffbare Verbindung des Rheins mit dem Zuider-See darzustellen, einen Canal von dem Rhein, oberhalb Arnheim, nach der bisher ziemlich weit entfernten Yssel ausführen. Dieser Canal nahm nach und nach Tiefe zu, und entzog dadurch dem untern Rheine einen grossen Theil seines Wassers. In gleicher Weise geschah dies durch einen zweiten künstlichen Canal, den wahrscheinlich im Jahr 51 nach Christus eröffnete: dieser letzte Canal verband den Rhein in der Nähe von Wijk by Duurstede mit der Yssel bei Leeksmonde: er hat im Laufe der Zeit den ganzen Canal aufgenommen und später den Namen Leck erhalten. Auf diese Weise waren die Spaltungen künstlich sehr vermehrt worden, so dass das Wasser nach Umständen bald durch einen, und bald durch den andern Arm sich ergoss, verlandeten sie sämmtlich immer stärker, als es in den weniger getheilten Strombetten der Fall zu sein würde.

Lange Zeit hindurch fehlen alle Nachrichten über die weiteren Veränderungen der Rheinarme. Mehrere Jahrhunderte später ist von dem untern Rhein unterhalb der Abzweigung des Leck nichts unbedeutender Fluss geworden. Im Jahre 860 soll die Mündung während eines Sturmes ganz versandet worden, doch muss sie sich seitdem wieder geöffnet haben, da der Kaiser Friedrich I. im Jahr 1165 dem Grafen von Holland, Floris III., den Auftrag gab, den Damm wegzuräumen, wodurch derselbe den Rhein bei Amstelveen (jetzt Zwammerdam) zwischen Woerden und Leyden wieder herstellte.

Ich habe den Lauf der Flüsse durch die Orte bezeichnet, die vorhanden sind: es soll durch das Mitgetheilte aber keineswegs sein, dass dieselben schon damals existirten.

In welcher Zeit der alte Rhein sich ganz schloss, und in welcher Zeit die mehrfachen Verbindungen der Whaal mit der Maas sich entweder von selbst darstellten, oder künstlich eröffnet wurden, ist unbekannt: im 12ten und 13ten Jahrhundert wurden aber vielfache Deichanlagen ausgeführt, und es entstand damals ein ganzes Deichsystem, wie es jetzt besteht. Dass man hierbei das augenblickliche Interesse der Landeskultur im Auge hatte, ohne die gehörige Regulirung der Ströme dabei zu berücksichtigen, darf kaum erwähnt werden: so geschah es denn auch, dass die Deiche wieder eine neue Veranlassung zur Verwilderung der Ströme wurden, und manche Deichbrüche neue Stromarme eröffneten. Das schrecklichste Beispiel dieser Art war der Durchbruch der Whaal und Maas in den Südholländischen Waard oder in das Berre-Feld. Die Maas hatte sich im untern Theile ihres Laufs bei Lobit mit der Whaal vereinigt, und beide durchbrachen am 18. November 1421 zwischen Woudrichem und Dordrecht den linkseitigen Deich und zerstörten, indem sie sich in das niedrige Land ergossen, eine Fläche von vielen Quadratmeilen. Sie eröffneten sich dort eine neue Mündung in das Meer durch den weiten und tiefen Busen des Bieshoches, durch das Hollands-Diep und durch die Kruinumer. Es wurden bei diesem Einbruche zwei und sieben Meilen Dörfer nebst vielen kleineren Besitzungen zugleich mit dem Boden, worauf sie standen, durch das Wasser zerstört *). Diese Verwüstung erklärt sich nur dadurch, dass das Meer, sobald es das bedeihte Land eintreten konnte, bei jeder Fluth hineintrat und bei jeder Ebbe wieder zurückwich. So wurden die heftigsten Strömungen erzeugt, welche eben die Erweiterung und Vertiefung des Busens herbeiführten. Eine natürliche Folge dieses Durchbruches war, dass die Whaal jetzt schon im Biesbosch, 10 Meilen vor ihrer früheren Mündung den Wasserspiegel der Nordsee antraf, und daher von jetzt ab um soviel ihren Lauf verkürzte. Dadurch vergrösserte sich wieder das relative Gefälle der Whaal bis zum Trennungspunkte bei Lobit, der Zudrang des Wassers zu ihr vermehrte sich, und in gleichem Maasse, wie ihr Bett sich vertiefte und ausbildete, so wurde das des Rheins

*) Blanken, Memorie betrekkelijk den Staat der Rivieren. I 1823. pag. 22.

des Rheins und der Yssel wegen des verminderten Zuflusses ver-
 Diese Verhältnisse, welche eine vollständige Sperrung der
 oberen Arme, und zugleich die Wiedervereinigung des Stromes
 in einzigen Schlauche mit der Zeit hoffen liessen, erlitten
 da man sie ganz zufällig sich weiter entwickeln liess,
 in einigen Jahrhunderten eine wesentliche Veränderung. Der
 Rhein war durch den Niederschlag des Stromes und wohl
 durch den des Fluthwassers nach und nach wieder aufge-
 hoben, und in die Stelle des weiten Meerbusens war eine
 Gegend getreten, in welcher einzelne Inseln bereits über
 natürlichen Wasserstand hervorragten. Sie waren mit Gras
 bewachsen und wurden sogar behufs der bessern
 Nutzung bereits eingedeicht. Eine grosse Anzahl von flachen
 Länden zog sich dazwischen hin, diese waren aber natürlich
 nicht im Stande, den grössten Theil der Wassermenge des
 Rheins abzuführen, und noch weniger konnte der Wasserspiegel
 sich schon in ihnen einstellen. Der niedrige Wasserstand
 der Whaal verschwand daher und mit ihm das bisherige stärkere

Der Rhein und Leck und ebenso auch die Merwede
 der untere Theil der Whaal empfingen daher wieder einen
 neuen Zufluss, und die ganze Wassermenge des Rheins fing
 an, durch diese Arme ihren Weg zu nehmen, während
 in der vorhergehenden schwächeren Strömung die Tiefe der-
 selben ausserordentlich vermindert hatte, und sie daher zur
 Abfuhr des Wassers gänzlich ungeeignet geworden waren. Nur
 die Erhöhung der Deiche war man im Stande, die Ströme
 in ihrem Bette zu erhalten, aber sie füllten dieses in so bedenk-
 licher Höhe an, dass nicht nur die natürliche Entwässerung zum
 Theil ganz aufhörte, sondern auch die Gefahr der Deich-
 brüche zunahm und die Existenz mancher bedeutenden Orte
 bedroht wurde. Seit etwa drei Jahrhunderten ist
 dieser Zustand eingetreten: man hat seitdem in Bezug auf die
 Abfuhr des Wassers manche Anlagen ausgeführt, die wohl
 nicht gewesen sein mögen, es ist indessen nichts geschehen,
 um den Strömen regelmässige Betten zu geben und dadurch die
 Abfuhr des Hochwassers und Eises zu erleichtern. Gleich
 über der Preussischen Grenze vor Nymwegen zeigt sich bei
 dem Rhein eine Verwilderung in der Whaal, wie sie bis zur

Wenn zwei oder mehrere Stromarme dauernd neben
bestehn, so pflegt gemeinhin keiner von diesen unter
ständen Hauptarm zu sein: wäre dieses der Fall, so
zweite und die andern Arme vorzugsweise der Verland
gesetzt bleiben, und eben dadurch müsste der erste
immer stärker anziehen und ihn endlich ungetheilt
Dieses geschieht in der That fast jedesmal, wenn eine
durch die natürlichen Veränderungen durchbrochen oder
durchstochen wird: der kürzere neue Arm verwandelt
und nach in den Hauptarm, und gleichzeitig mit seiner A
nimmt der alte Arm an Weite und Tiefe ab, und
endlich selbst durch das Material, welches der Strom
lagert. Häufig sind indessen die Umstände von der
der eine Arm vorzugsweise zur Abführung des
Wassers geeignet ist, und der andere zu der der
wassers. Der Grund hiervon kann theils in der Rich
obern Mündungen liegen, welche abwechselnd mit der de
zur Zeit der verschiedenen Wasserstände zusammenfällt
jedoch die Arme eine grosse Länge haben, so darf ma
zufällige Richtung der Mündung kein grosses Gewicht
Profile und die ganze Gestaltung des Bettes, oder in H
Hochwassers die Weite und Höhenlage des ganzen Thale
auf die Vertheilung des Wassers in beiden Armen
wesentlichern Einfluss ausüben. Ausserdem kann auch
gerer Eisstand vor einer Mündung, oder gewisse son
hältnisse beim Eisgange, das relative Gefälle im betreffen

gen und sonach die Hauptströmung in den andern Arm

Was die Holländischen Ströme betrifft, so nimmt die bei kleinem Wasser entschieden den grössten Theil der Menge des ungetheilten Rheins auf, wogegen bei Hoch- der Rhein und Leck weit kräftiger wirken.

Bei einer solchen Vertheilung tritt der grosse Uebelstand ein, gewöhnlich derjenige Arm, der jedesmal der schwächere ist, mit Niederschlägen aus dem Wasser anfüllt und verlandet, er, sobald er umgekehrt wieder Hauptarm wird, an Fähigkeit zur Abführung des Wassers etwas verloren hat. Auf diese schwächen sich die beiden Arme abwechselnd gegenseitig, und beiden bilden sich Versandungen, wie man es in solchem gemeinhin sehr auffallend bemerkt.

Es ergiebt sich hieraus, wie schwierig es ist, eine Theilung eines Stromes darzustellen, wobei dauernd beide Arme nicht fließen bleiben, sondern auch eine gewisse Tiefe in ihren Betten haben, oder wohl gar in bestimmtem Verhältnisse die Wassermenge des Stromes unter sich vertheilen sollen. Ob diese Aufgabe und namentlich unter Einführung der letzten Bedingung sich einmal vollständig rechtfertigen lässt, ist eine andere Frage: Erfahrung dürfte wenigstens gezeigt haben, dass es viel leichter im Ufer, wenn es auch noch so sehr bedroht wird, zu halten, diese Aufgabe zu lösen. Nichts desto weniger hat man doch öfters die Bedingungen in dieser Art gestellt: die Schwierigkeiten, denen man alsdann begegnet, haben sich sehr auffallend bei der Spaltung des Rheins vor Wesel gezeigt. Der Budericher Arm musste gegraben werden, um Wesel vor dem Stromanfall zu sichern, es vergingen aber mehrere Jahre, bevor er endlich den Hauptstrom aufnahm, und sobald dieses geschah, erforderten die Ufer nicht nur auf ihre ganze Länge, und zwar zu beiden Seiten, eine weit festere Deckung, als vor Wesel je versucht worden war, sondern ausserdem fing auch der alte Arm an, sich zu verlanden, und verlandete so sehr, dass die Schiffahrt und andere höhere Interessen bedroht schienen. Es musste nun durch den Canal eine Schwelle oder ein Grundwehr aus Senkfaschinen gelegt werden, um sein Profil zu beschränken und sonach durch denselben abfliessende Wassermenge auf ein gewisses Mass zurückzuführen. Der Aufstau, der dadurch hervorgebracht

wurde, drängte das Wasser auch wirklich in den alten und mit Hülfe einer künstlichen Vertiefung des Bettes wieder verlangte Wasserstand wieder dargestellt, aber unmöglich diesen Arm vor Verlandung zu sichern und zugleich eine abströmung und namentlich den Rißgang ganz davon abzuhängen.

Bei den Stromspaltungen ist gemeinhin das absolute Gefälle in beiden Armen gleich gross, indem beide sich entweder unterhalb wieder vereinigen, oder sie in das Meer oder eines desselben ausmünden. Das relative Gefälle ist sonach umgekehrt der Länge jedes Armes proportional, und da diese Länge bei Wasserständen unverändert bleibt, so ändert sich im Allgemeinen auch nicht das Verhältniss der beiden relativen Gefälle zueinander. Geht man auf den frühern Ausdruck zurück, so hat

für den einen Arm $M^2 = k \cdot \alpha b^5$

und für den andern $M'^2 = k \cdot \alpha' b'^5$.

Das Verhältniss von α zu α' ist aber constant, also gleiches daher

$$M'^2 = k \alpha \cdot \beta b'^5$$

Beachtet man daher nach einem bestimmten Verhältniss Wassermenge auf beide Arme zu vertheilen, so dass eine Proportion

$$M : M' = m : n$$

zum Grunde gelegt wird, so erhält man

$$b : b' = \sqrt[5]{(\beta m^2)} : \sqrt[5]{n^2}$$

Auf solche Weise lässt sich das Verhältniss der Breiten beider Stromarme bestimmen. Sehr genau dieselbe Regel ergiebt aber auch das Verhältniss der Breite des einen zu der des ungetheilten Stromes, man darf zu diesem Zweck M und b auf den letztern beziehen und das Gefälle gleich berücksichtigen. Es muss hierbei indessen nicht ausser Acht gelassen werden, dass diesen sämtlichen Rechnungen die Voraussetzung zum Grunde liegt, dass der Boden und die sonstigen Verhältnisse in den verglichenen Fällen ungefähr dieselben sind, und dass der Strom auch immer die Tendenz behält, ähnliche Profile zu bilden.

Bei Regulirung der Stromarme und namentlich bei Beschränkung ihrer Breite zeigt sich oft ein wesentlich verschiedener Erfolg gegen ähnliche Anlagen im ungetheilten Strome. Wenn man das Profil des letztern auch verengen mag, so wird die Wassermenge, die sich im Bette ansammelt, immer vereinigt bleiben, es kommt gewiss nicht leicht vor, dass man besorgen

Wasser würde auf anderem Wege einem stark verengten Bette ausweichen. Auf solche Weise kann man im ungetheilten Strom einen starken Stau durch Einbaue erzeugen, und in Folge dessen sehr heftige Einwirkungen auf das Bette veranlassen. In einem Stromarm giebt es dagegen keine bestimmte Wassermenge, die unter allen Umständen demselben zugehört: der ganze Strommass des ungetheilten Stroms vertheilt sich in die verschiedenen Arme nach Massgabe des Gefälles und des Profils, oder nach der Capacität. Wenn durch irgend eine Anlage in einem Arme ein Stau hervorgebracht wird, so besteht der Erfolg nicht nur in einem vermehrten Angriff auf die Sohle der verengten Stelle, sondern ausserdem wirkt der Stau auch auf die Erhebung des Wasserspiegels weiter aufwärts, und wenn diese Erhebung sich in dem Theilungspunkte zu erkennen giebt, so verursacht eine Vermehrung des absoluten und zugleich des relativen Gefälles, und zugleich des Querschnitts des andern Armes. Dadurch setzt sich eine verstärkte Strömung in dem letztern, und in diesem Masse, wie die Wassermenge in diesem sich vergrössert, ändert sie sich in dem ersten Arme. Die geringere Wassermenge bedingt wieder eine schwächere Strömung, und die Folge dieser pflegt eine verstärkte Ablagerung des Materials zu sein. Auch kann die Einschränkung, welche man in einem Stromarme nimmt, zuweilen gerade das Gegentheil von dem hervorbringen, was man dabei beabsichtigt, nämlich statt der Vertiefung eine grössere Verflachung.

Beispiele hiervon findet man nicht selten: auch in der Geschichte des holländischen Strombaues ist ein solches sehr auffallend vorgekommen. Als nämlich die Verbindung der Whaal mit dem Biesbosch sich nach und nach verstopft hatte, und die Veränderungen der Strombetten sich so nachtheilig zu erkennen gaben, wurde die Absicht der Stadt Dortrecht, alle Stromläufe ausserhalb des Biesbosch zu schliessen und die Whaal oder Maas wieder in ihr altes Bette zu weisen, durch die Eifersucht der benachbarten Staaten vereitelt. In dieser Verlegenheit griff man zu dem Mittel, eine starke Verengung des Stroms bei Dortrecht vorzunehmen, dieses geschah im Jahr 1663, indem eine sehr lange Damm, der sogenannte Papendrechtsche Fährdamm, Dortrecht über, erbaut wurde: derselbe wies aber wieder eine grössere Verengung, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl. 25

Wassermenge in das Bienenloch, als vorher durch dieses abfloss, und die Maas versandete nach der Anlage noch stärker, wie früher.

Es liegt in der Natur der Sache, dass der Stau, welcher die verschiedenen Anlagen erzeugen, sich nicht weit aufwärts strecken kann, und man darf daher in einigem Abstande von den Trennungspunkte die Regulirung einzelner Stellen in gleicher Weise, wie im ungetheilten Strome vornehmen, besonders wenn man eines baldigen Erfolges dieser Werke gewiss ist. Man muss aber dafür sorgen müssen, dass nicht etwa die an sich nur geringen Stauhöhen vor einer grossen Anzahl solcher Anlagen gleichwohl eintreten, weil sie sich vereinigen können, und alsdann aus grösserer Entfernung bis zum Theilungspunkte herauf sich wirken zeigen, und dem Arme, den man vertiefen will, das Wasser abziehen. Neben einer eingeschränkten Stelle wird die Vertiefung des Grundes um so schneller eintreten, oder der Stau um so früher verschwinden, je weniger das Untorwasser in seiner Abflüsse gehindert wird: das heisst je grösser das Gefälle an der eingeschränkten Stelle bei geringer Erhebung des Oberwassers. Es dürfte hieraus die Regel sich begründen, dass man diejenigen Stromarme, welche man zu Hauptarmen umformen will, von vorn auf reguliren muss. In jeder einzelnen zu regulirenden Stelle wird man aber auch in diesem Falle mit den obern Werken den Anfang machen müssen.

Wenn es dagegen Absicht ist, einen Arm zur Verlandung zu bringen, so wird eine Verengung, die man am obern Theile vornimmt, gleich den Erfolg haben, dass das Wasser des getheilten Stromes sich mehr in den andern Arm wirft. Der Trennungspunkte selbst wird ein solcher Erfolg häufig durch die Richtung des strömenden Wassers vereitelt. Wenn vielleicht ein Arm, den man schliessen will, einen starken Strom aufnimmt, und man führt eine sogenannte Schöpfbühne in denselben hinein, um das Wasser abzuschnelden und es in den andern Arm zu werfen, wirkt diese Bühne in gleicher Art, wie andere Einbauten, wenn man nicht etwa auf eine allmähliche Ablenkung des Stromes auf eine Umgestaltung des tiefen Schlauches schon vorher gewirkt hat, so ist die vor dem Kopfe des Werkes eintretende Vertiefung dem Zwecke der Anlage durchaus nachtheilig, und kann Veranlassung sein, dass das Wasser sich stärke

früher in diesen Arm stürzt. Solche Erfolge zeigen sich aber nur bei der Anlage von Werken im Trennungspunkte selbst, denn sie kommen nicht selten auch bei Ausführung der Sperrungen oder der Coupirungen vor, durch welche man Stromarme abschliessen will. Diese Coupirungen sind, ehe sie geschlossen werden, wieder nichts anderes, als gewöhnliche Bühnen, einander gerade gegenüber stehen, und wenn der Boden in noch offenen Zwischenräume zwischen ihren Köpfen nicht gedeckt ist, so bildet sich daselbst oft eine sehr grosse Vertiefung, die wieder Veranlassung sein kann, den Strom vorzugsweise in diesen Arm hineinzuweisen.

Ein sehr auffallendes Beispiel von einer solchen Verstärkung Stromes während der Ausführung der Coupirung theilt Wiebeking mit. Am Fusse des Siebengebirges zwischen Honnef und Ländseck spaltet sich der Rhein in drei Arme, indem die beiden in Nonnenwerth und Grafenwerth dazwischen liegen. Die Schifffahrt leidet daselbst durch die untiefen Stellen, welche namentlich der Bergfahrt sehr hinderlich sind. Es sollte daher im Jahr 1790 der rechte Arm, der Grafenwerth vom rechten Rhein getrennt, abgeschlossen werden. Wiebeking führte den Bau aus. Dieser Arm hatte vorher wenig Strömung gehabt, doch nahm dieselbe während des Baues immer mehr zu, je weiter die beiden Flügel der Coupirung in das Bette hineingeführt wurden. Die Tiefe vermehrte sich ausserordentlich, und als man bis auf 120 Fuss in den Strom geschlossen hatte, stürzte das Wasser mit solcher Gewalt durch die Oeffnung, dass man mit der Peilstange den Boden nicht mehr erreichen konnte, was zum Theil von der starken Strömung herrührte, die das Herabstossen einer sehr langen Peilstange unmöglich machte. Die Geschwindigkeit in der Oeffnung betrug 11 Fuss in der Secunde. Der auffallendste Umstand dabei war indessen die starke Strömung, welche sich jetzt im ganzen Rhein zeigte, und die sogar so kräftig wurde, dass Schiffe, welche nachwärts fahren, in diesen Arm hineingezogen und durch die Oeffnung hindurch getrieben wurden. Wiebeking brachte durch Anwendung besonderer Mittel das Werk zum Schlusse, aber eben als die Tiefe so gross geworden war, reichte das Material nicht aus, um die nöthigen Dimensionen darzustellen. Der ganze Bau dauerte sich nicht lange und ist schon längst vollständig verschwunden.

Man hat gegenwärtig nach einer ganz andern Methode gesperrt, indem er zuerst stark zur Verlandung gebracht, alsdann in der Höhe des niedrigen Wassers geschlossen, so dass die Verlandung auch noch ferner stattfinden kann.

Beim Abschliessen der Stromarme finden die Regeln wieder Anwendung, die schon früher über die Umänderung der Strombetten mitgetheilt sind. Wenn es die Absicht ist, das Bett eines Armes in ein nutzbares und gehörig gestaltet umzubilden, so darf man es nicht sogleich ganz absperrn, denn in diesem Falle wird auch dem Material, welches abgelagert soll, gleichfalls der Zugang gesperrt. Es muss dafür gesorgt werden, dass selbst die schweren Stoffe, nicht weit von der Sohle entfernen, noch hineintreiben. Es kommt also darauf an, die Strömung nur zu mässigen, aber nicht gleich ganz zu vernichten. Hierzu bietet der erwähnte Umstand, nämlich die gegenseitige Abhängigkeit der Strömung in beiden Armen, in vielen Fällen vielleicht eine sehr günstige Gelegenheit. Wenn man in dem Arme, der geschlossen werden soll, so oft es die Umstände erlauben, die Stellenweise verengt und dadurch das Wasser etwas zurück, so vergrössert sich sogleich um eben so viel die Wassermasse im andern Arme, und verstärkt ihren Angriff auf denselben. Aber dafür zu sorgen, dass durch diese Anlagen kein Nachtheil auf das Bett des ersten Armes erzeugt wird, daher alle Werke, welche einen solchen veranlassen können, zu vermeiden werden. Man muss den Strom nicht irritiren, sondern nur durch behutsames Einwirken ihn nach und nach zu drängen suchen. Die Gelegenheit hierzu findet sich in den meisten Fällen, und die Erfolge treten alsdann viel schneller ein, als man erwarten sollte. Es kommt nur darauf an, man mit ununterbrochener Aufmerksamkeit auf diesen Zweck wirkt, und jede Untiefe, die sich im Bett des Armes an der Ufer zeigt, sogleich mit leichten Werken und Zäunungen nur vor einem Wiederabbruch sicher stellt, sondern auch die Beförderung der ferneren Ablagerung des Materials nie zu vernachlässigen sucht. Der Umstand, dass die Verflüchung sich gezeigt hat, schon der Beweis, dass der Strom gerade hier zum Absetzen feinsten Stoffe geneigt ist, und indem man von solcher Gelegen-

er Nutzen zieht und das Gewonnene festhält, so pflegt der nicht auszubleiben, namentlich wenn man im andern Arme gerade entgegengesetztes Verfahren beobachtet, und die An- möglichst befördert und den Verlandungen vorbeugt. Von anderer Wirksamkeit für die schnelle Verlandung im ersten sind die lebendigen Pflanzungen, die immer um so kräftiger gehen und daher immer um so mehr auf die Beruhigung des Wassers hinwirken, je stärker das Material sich zwischen ihnen ansetzt. Die eigentliche tiefe Stromrinne des abzusperrenden wird hierbei gar nicht unmittelbar angegriffen, aber indem die Profilweite immer mehr und mehr abnimmt, und der andere sich zum Hauptstrome ausbildet, so wird in dem ersteren die Strömung zur Zeit des Hochwassers geschwächt, und die grosse Rinne verschwindet von selbst, besonders in der obern Mündung, die die schweren Stoffe am leichtesten hineingeschoben werden.

In dieser Weise hat Bauer einige Arme des Rheins, und erst den Arm neben der Rodenkircher Insel, etwa eine Meile oberhalb Cöln geschlossen, ohne dass der Bau selbst Schwierigkeiten bot, noch auch die Werke lange Zeit hindurch einen starken Angriff ausgesetzt blieben; wogegen ältere Werke, deren Lage höher liegt, wie die Coupirung im sogenannten Flürnschen Male unterhalb Wesel, fortwährende Reparaturen bedürfen und wenig Verlandung bewirken.

Wenn die Stromarme nicht lang sind, so hängt die Stärke des Stromes, den sie aufnehmen, ohne Zweifel sehr von der Richtung ihrer Mündung gegen den vorhergehenden Strom ab. Indem das Wasser an den Theilungspunkt gelangt, verfolgt es eine frühere Richtung und tritt in denjenigen Arm, der dieser besten entspricht. Man kann daher in solchem Falle durch eine richtige Regulirung der oberhalb belegenen Stromstrecke das Wasser in einen der Arme hineinweisen, und die Erweiterung und Umfang desselben vom Strome selbst erwarten. Man wird auch in allen Umständen dafür sorgen müssen, dass die obere Mündung desjenigen Armes, den man zum Hauptarme bestimmt hat, dem vorhergehenden Stromlaufe gut anschliesst. Wenn hingegen die Arme sehr lang sind, so lässt sich von solchen Anlagen, welche die Umgestaltung der Mündung bezwecken, der Erfolg noch nicht erwarten, und es wird überhaupt nicht

gelingen, die Mündung in der gewünschten Art darzustellen, die Beschaffenheit der Strombetten in beiden Armen der Vertheilung nicht entspricht. Es wird nämlich durch die Breite und Tiefe beider Arme der Wasserstand in denselben und von diesem hängt wieder das Gefälle in beiden zum Theilungspunkte liegenden Strecken ab: wenn die nach dem einen Arme sich viel grösser, als nach dem andern stellt, so wird fortwährend das Wasser dort stark hingezogen und dieser Zug behält einen grössern Einfluss auf die Gestalt des vorhergehenden Strombettes, als die Bauwerke, die zur Darstellung einer andern Richtung vielleicht ausgeführt sind.

Die Schöpfbuhnen sind, wie bereits erwähnt worden, sehr zweifelhaftem Erfolge, besonders wenn sie stark gegen die Richtung des Stromes geneigt sind. Nichts desto weniger werden sie häufig ausgeführt, und jedenfalls ist es auch nothwendig, Landzungen, welche den Strom spalten soll, in gehöriger Entfernung herauszuführen, so dass die Mündungen beider Stromarme in mässige Begrenzungen erhalten. Eben so nothwendig ist es auch, die Dauer dieser regelmässigen Mündung zu sichern, namentlich die vortretende Spitze, welche immer durch die Ebnen und besonders durch das Eis sehr bedroht wird, vor Ebnungen sicher zu stellen. Wenn das Werk keinen andern Zweck als diesen hat, so ist es eigentlich nicht mehr ein Schöpfwerk, es spaltet die herabfliessende Wassermasse, und indem es in der Richtung derselben hinzieht und sich nach und nach verbreitet, so lenkt es zugleich auf beiden Seiten den Strom von dahinter liegenden Erdzungen ab und weist ihn in die Betten beider Arme. Auf diese Art bilden sich zu beiden Seiten des Werkes concave Ufer, deren Deckung mit dem Ufer selbst in Verbindung stehen muss. Es kann hierbei ganz dasselbe man zur Darstellung regelmässiger Uferlinien das Werk der Spitze der Insel noch weit heransführen und dasselbe mit Künften in Verbindung setzen muss, welche nach einer Richtung nach beiden Seiten vor das Ufer der Insel vortreten. Es wird sich in diesem Falle noch eine gewisse Vertheilung der Wassermenge auf beide Stromarme herbeiführen, soweit letztere sich nähern derselben fähig sind: es muss indessen immer Regel bleiben für Separationswerk, welches abwärts wieder Schöpf-

nicht stark gegen die Richtung des Stromes zu neigen, um grosse Vertiefung auf derjenigen Seite zu veranlassen, wo ein Wasseraustrag vermeiden will.

Ähnlicher Weise, wie man für die regelmässige Trennung des Stromes in zwei Arme sorgt, verfährt man auch bei der Vereinigung derselben, und das Gleiche findet auch dann Seitenzuflüsse in den Strom treten. Es ist schon früher davon die Rede gewesen, dass die zu verschiedenen Zeiten eintreffenden Anschwellungen zweier Flüsse in der Nähe ihrer Vereinigung das Material des einen in dem Bette des andern abzulagern pflegen, und sonach in beiden Verflachungen entstehen. Im Fall ereignet sich aber auch gewöhnlich unterhalb der Vereinigung in einem Strome, wo zwar die Anschwellungen beider Arme gleichzeitig vorkommen, aber die Strömungen keineswegs immer gleichmässig sind, sondern sich gewöhnlich bei verschiedenen Umständen in beiden Armen auch verschiedenartig herausstellen, und sonach wieder abwechselnd die Verflachung des einen und des andern veranlassen. Es lässt sich dieser Uebelstand nie ganz vermeiden, aber wohl kann man den Effect der Strömung und die Ausbildung einer tiefen Rinne in jedem Arme oder in dem der beiden zusammentretenden Flüsse dadurch befördern, dass man künstliche Krümmungen darin bildet, die von beiden Armen aus sich nach dem Separationswerke oder der Trennungsbühne hinziehen und sich am Kopfe derselben vereinigen. Auf solche Weise werden die beiden tiefen Stromschlänche zueinandergeführt, und da sie auch nahe in gleicher Richtung sich neigen, so setzt sich die Tiefe regelmässig nach unten fort, und es erfolgen hier keine Ablagerungen, sobald nur in dem einen oder beiden Armen eine starke Strömung stattfindet. Endlich erlangt man dabei noch den wesentlichen Vortheil, dass zur Zeit der starken Anschwellung in dem einen Arme das Wasser über die Trennungsbühne des Separationswerkes, wie über eine declinante Bühne fließt, und dadurch schon in dem andern Stromschlauche eine heftige Ablagerung des Materials verhindert.

Fig. 87, Taf. XXXIII. zeigt diese Art der Vereinigung zweier Flüsse. Woltman hat sie zuerst empfohlen*), und sie ist seitdem

vielfach und zwar immer mit günstigem Erfolg angewendet. Die Mündung der Havel in die Elbe ist z. B. hierdurch in sandungen ziemlich sicher gestellt. Von besonderem Nutzen ist diese Anordnung aber noch bei der Vereinigung kleiner Flüsse mit schiffbaren Strömen. Erstere führen häufig Massen von schwerem Material den letztern zu, und in schwächere Gefälle in diesen nicht genügt, um dasselbe stromabwärts zu treiben, so pflegt es in unregelmässiger dicht vor der Mündung liegen zu bleiben, und tritt hierüber die ganze Breite des Strombettes, so dass sich höchst theilige Untiefen und zugleich Stromschnellen daselbst bilden. Ablagerung des Materials kann freilich durch die Regulirung der Mündung nicht vollständig verhindert werden, aber sie erfolgt regelmäßiger und verflücht nicht sowohl den tiefen Strom, als sie vielmehr eine allmähliche und ziemlich gleichmässige Abtöpfung des ganzen Bettes veranlasst.

Ein Verfahren, welches mit dem angegebenen einigen übereinstimmt, tritt auch in dem Falle ein, wenn man ein Bassin neben dem Strome, welches nur stehendes Wasser wie etwa einen Flusshafen oder einen Canal, vor Versandung möglichst sicher stellen will. Die Niederschläge lassen einem solchen Bassin nie vermeiden, da das eintretende Wasser darin vollständig zur Ruhe kommt, und sonach alle schwebenden Stoffe zu Boden sinken: dagegen ist es von grosser Vortheil, wenn man die durch den Strom über das Bassin fortgeführten Stoffe nicht in den Hafen oder den Canal dringen lässt. Der Kopf, welcher oberhalb der Mündung wirkt wie eine Buhne: er befördert die Verlandung besonders wenn er declinant oder stromaufwärts gerichtet ist. Hat er eine stromabwärts gekehrte Richtung, so bildet sich das überfluthende Wasser, wie bei einer declinanten Buhne, hinter eine tiefe Rinne, und die Mündung behält weit vollständige Tiefe. Hiernach ist es Regel, alle solche Mündungen stromaufwärts zu lehren, wodurch auch noch für die Schifffahrt ein grosser Vortheil erreicht wird, dass das Ein- und Ausfahren der Schiffe viel weniger schwierig ist, indem der Strom nicht dreht und sie nicht auf die untern Einlassung der Mündung

§. 73.

Anordnung der Strombauten.

Nachdem die verschiedenen Anlagen, welche behufs der Stromregulirung in Anwendung kommen, in ihrer Wirksamkeit beschrieben ist, ist es noch nöthig, die Anordnung derselben specieller zu skizziren.

Ehe man zur Bearbeitung eines Stromregulirungs-Projectes gehen kann, muss man die erforderlichen Messungen, und ferner die Aufnahme der Stromcharte, das Nivellement und Tiefenmessungen ausgeführt haben, zugleich ist es aber auch nöthig, dass man die verschiedenen Wasserstände und deren Veränderungen kennt, um darnach die Höhe der Werke mit Sicherheit bestimmen zu können. Die Stromcharte darf sich nicht nur auf eine Strecke beschränken, welche gerade der Regulirung bedarf, sondern muss vielmehr soweit stromauf- und abwärts sich erstrecken, als man den gehörigen Anschluss an diejenigen zunächst kommenden Strecken, die keiner Regulirung bedürfen, daraus entnehmen kann. Die Tiefenmessungen ergeben nicht nur die Lage der tiefen Rinnen, in welchen gewöhnlich auch die stärkste Strömung stattfindet, sondern ausserdem zugleich die Untiefen und Sandbänke. Wie schon oben erwähnt worden, muss man auch die Höhe der Ufer wenigstens ungefähr kennen. In vielen Fällen ist es ausserdem nothwendig, die Stärke des Stroms oder die Geschwindigkeit des Wassers zu messen, um darnach die Constructionart passend zu wählen.

Das Nivellement ist, wie schon früher angedeutet worden, von besonderer Wichtigkeit, und es genügt keineswegs, dasjenige Gefälle zu ermitteln, welches eben in der zu corrigirenden Stelle vorliegt, man muss vielmehr auch das allgemeine Gefälle des Stromes auf eine lange Strecke kennen, indem sich nur nach der Zulässigkeit der Vertheilung eines Gefälles beurtheilen lässt. Gemeinhin findet sich auf den unregelmässigen und seichten Strecken, die vorzugsweise einer Regulirung bedürfen, ein sehr ungleiches Gefälle; durch die gewöhnliche Art der Regulirung wird selbes gemässigt, und der Erfolg davon ist, dass der Wasserstand in der zunächst oberhalb gelegenen Stromstrecke sich hebt, oder das Gefälle weiter stromaufwärts sich vergrössert.

Diese Aenderung der Verhältnisse ist zuweilen ganz unnöthig, indem entweder das Gefälle in der obern Strecke schon an sich sehr stark war, oder indem Felsen im Strombette liegen, oder bei der Senkung des Wasserspiegels der Schiffahrt hinderlich werden. Man muss alsdann die Vorkehrungen in der Art treffen, dass an der zu corrigirenden Stelle das Gefälle concentrirt wird.

Gewöhnlich werden die Stromregulirungen ausschliesslich des Schiffahrts-Interesses vorgenommen, oder wenn auch aus Rücksichten die nächste Veranlassung dazu geben, so bleibt die Erleichterung der Schiffahrt doch fast immer ein wichtiger Neben Zweck. Das starke Gefälle verursacht eine heftige Strömung, welche theils unmittelbar dem Betriebe der Schiffahrt hinderlich, theils aber vermindert sie auch den Querschnitt des Stromes, und sonach auch die Tiefe desselben, wodurch vorzugsweise die Schiffahrt zu leiden pflegt. Das sicherste Verfahren, das man in solchem Falle wählen kann, bezieht sich darauf, das Gefälle an einzelnen Stellen sehr stark zu concentriren, oder künstlich das Wasser aufzustauen und durch Schiffschleusen die Verbindung zwischen je zwei auf solche Weise getrennten Stromstrecken herzustellen. Diese Anordnung ist indessen immer sehr kostbar, und sie bezieht sich auch nicht auf die eigentliche Stromregulirung. Es fragt sich daher, bis zu welcher Grösse des Gefälles ein Strom noch durch blosse Regulirung schiffbar gemacht werden kann. Eine ganz sichere Beantwortung dieser Frage ist freilich nicht möglich, indem die Art des Schiffahrtsbetriebes, sowie auch manche localen Verhältnisse und besonders der Wasserreichthum des Stroms dabei sehr in Betracht kommen; nichts desto weniger werden einige Angaben in dieser Beziehung wichtig sein. Es kommt hierbei aber augenscheinlich weniger auf die partiellen, als vielmehr auf die allgemeinen Gefälle an, indem man bei der Regulirung die ersteren zu vertheilen pflegt, und dieselben fast jedesmal verändern, während die letzteren keine wesentliche Aenderung erfahren können, indem der Anfangspunkt und Endpunkt gegeben sind. Bei einem relativen Gefälle von 1:300 oder einem geringeren kann man gemeinhin ohne Nachtheil, wenn es erforderlich ist, das an einzelnen Stellen concentrirte Gefälle vertheilen. Bei 1:2000 pflegt dieses dagegen nicht mehr möglich zu sein, man muss alsdann vielmehr die vorhandenen Untheil-

Stromschnellen bestehen lassen, weil sonst die Regulirung über grössten Theil der Länge des Stroms ausgedehnt werden müssete. Der Betrieb der Schifffahrt findet indessen in diesem Theile und selbst bei einem Gefälle von 1 : 1600 noch keine unüberwindlichen Hindernisse. Das letzte Verhältniss bezeichnet das mittlere Gefälle des schiffbaren Theiles der Ruhr, nach Abzug derjenigen, welches durch Schiffsschleusen aufgehoben wird. Der oberste Theil der Ruhr von Mühlheim abwärts bis zum Rhein, in welchem keine Schleuse vorkommt, hat ein viel stärkeres Gefälle, Mühlheim niedrigsten Wasserstande des Rheins sogar 1 : 1400 beträgt. Wenn aber der niedrige Wasserstand hier eintritt, so hört die Schifffahrt immer aufzuhören. Nichts desto weniger ist zu erwarten, dass ihre vollständige Unterbrechung sich wird vermeiden lassen, wenn erst die übelsten Stellen regulirt sein werden. Das Gefälle der Saar beträgt in dem schiffbaren Theile, von Saarbrück abwärts durchschnittlich 1 : 1835. Dasselbe ist aber sehr ungleichmässig vertheilt. Von Saarburg bis zur Mündung beträgt es sogar 1 : 1339, und doch ist hier keine Schiffsschleuse erbaut, sondern die Schiffe fahren im freien Strome abwärts. Die Schifffahrt hat hier schon seit langer Zeit unterbrochen, doch war sie bisher jedesmal in den Sommermonaten wieder unterbrochen: nach Beendigung der Regulirung, die in diesem Jahre zu erwarten steht, darf man wohl hoffen, dass die Fahrt ganz aufhören wird. Auf einzelnen von den am meisten nachtheiligen Untiefen hat sich durch die starke Einschränkung des Stroms bereits ein Wasserstand gebildet, welcher, wenn auch nicht sehr hohe, doch wenigstens für halbe Ladungen genügt, und überzeugt es sich, dass die starke Strömung, die daselbst stattfindet, weder das Herauffahren besonders beschwerlich, noch auch das Herabfahren gefährlich macht.

Von solchen starken Einschränkungen des Bettes, wie sie bei der Saar vorgenommen werden mussten, um das grosse Gefälle an gewissen Stellen zu erhalten, soll später die Rede sein. Zunächst werde ich die Regulirung solcher Ströme beschreiben, die im Allgemeinen kein starkes Gefälle haben, und wo ein Wasserstand, wenn es hin und wieder auch vorkommt, nicht daselbst zu werden braucht, sondern auf grössere Strecken verlegt werden darf.

In diesem Falle kommt es fast immer darauf an, dem Strom seine überflüssige Breite zu nehmen, und das Wasser so zusammen zu halten, dass es hinreichende Kraft behält, um die erforderliche Tiefe darzustellen. Es entsteht alsdann die Frage, welche Breite des Bettes zu diesem Zwecke erforderlich sei, und man pflegt hiernuf zu antworten, dass man die Normalbreite wählen müsse. Der Begriff, den man mit diesem Worte verbindet, ist folgender: wenn der Strom ein so breites Bett hat, dass die Tiefe darin sich wegen der starken Vertheilung des Wassers nicht gehörig erhält, so bilden sich Sandhänke, oder vor den Ufern zeigen sich Verlandungen. Im entgegengesetzten Falle, wenn nämlich die Profilweite zu enge ist, so erfolgt Uferabbruch. Zwischen beiden liegt, wie man annimmt, eine gewisse Breite, welche die Wassermenge des Stroms gerade angemessen ist, um das Absetzen des Materials oder eine Verflächung zu verhindern, welche zugleich keinen Angriff der Ufer bedingt: dieses ist die Normalbreite. Um sie zu ermitteln, untersucht man den Strom in der Nähe, und wo man eine Stelle findet, die weder Abbruch noch Verlandung zeigt, so ergiebt sich aus dieser die Normalbreite. Es ist natürlich, dass eine solche Bestimmung nur soweit gehen kann, als die Verhältnisse ungefähr dieselben sind; die Normalbreite ändert sich daher, wie man auch gemeinhin hierauf aufmerksam zu machen pflegt, bei jedem neuen bedeutenden Seitenzuflusse, oder bei jeder Spaltung des Stroms. Es kommen indessen noch vielfache andere Umstände in Betracht, die man bei der Untersuchung nicht unberücksichtigt lassen darf: dahin gehören namentlich das Gefälle, die Krümmung und die Höhenlage des Ufer, denn wie bereits erwähnt worden, giebt der Lauf des Wassers gemeinhin Veranlassung zur Ablagerung der Sand- und Kiesmassen im Strombette. Bei der Regulirung ist es allerdings die Aufgabe, die Verhältnisse so günstig darzustellen, wie sie in einem solchen normalen Profile wahrnimmt, und die Anordnung der Bauten würde gewiss ausserordentlich erleichtert werden, wenn man für jeden vorkommenden Fall schon ein Muster da hätte auffinden könnte. Dieses ist indessen fast niemals möglich, weswegen sonach kann die Ermittlung der sogenannten Normalbreite wenig nützen. In denjenigen Stromstrecken, welche nicht durch Seitenzuflüsse oder Uferbrüche verflächt werden, worin auch keine

in Krümmungen vorkommen, und welche endlich in der Richtung der Strömung des Hochwassers liegen, erhält sich gegen eine grössere Tiefe bei reichlicher Breite, und die Ufer keinem Angriffe ausgesetzt: diese Stellen sind es, welche durch schwaches Gefälle und schwache Strömung auszeichnen welche der Schiffer Woog oder Pfuhl nennt. Will man aber in ihnen gesammelten Erfahrungen auf die zwischenliegenden Stellen übertragen, wo die Umstände ganz anders sind, so werden sie keineswegs noch passend sein. Man macht gewöhnlich vielleicht jedesmal die Erfahrung, dass eine Normalbreite, wie auf die beschriebene Art ermittelt wurde, viel zu gross ist, wenn man dieselbe sehr bedeutend, oft um die Hälfte verringern muss, damit der beabsichtigte Erfolg sich darstellt. Man muss die gefundene und an andern Stellen wahrgenommene Breite nach den besondern localen Umständen modificiren. Es ist aber sehr schwer, das rechte Maass dabei sicher zu treffen: gewöhnlicher Weise ist der Strom an den zu regulirenden Stellen ähnlich nicht ganz gerade, und man kann daher die Einklinkungswerke vor dem convexen Ufer ohne bedeutende Mehrkosten noch in Zukunft nach Bedürfniss weiter herausführen, während eine Buhne, welche eine grosse Tiefe vor ihrem Kopfe erhält, wie dieses gemeinhin am concaven Ufer der Fall ist, wahrscheinlich nicht so leicht in späterer Zeit verlängert werden kann. Hat man dagegen bereits einzelne Stellen corrigirt, so lässt sich viel sicherer die Angemessenheit der gewählten Breite beurtheilen, und man kann die gemachten Erfahrungen grossem Vortheil bei Aufstellung der spätern Projekte benutzen. Wenn es nothwendig ist, an einer Stelle ein starkes Gefälle zu erhalten, wie dieses namentlich vor den Mündungen von Seitenarmen der Fall ist, welche schweres Geschiebe dem Strome hindern, und ebenso auch an solchen Stellen, welche vom Hochwasser mit Sand und Kies angefüllt werden, so muss man eine anders starke Einschränkung vornehmen. Bei Stromkrümmungen ist die Einschränkung gleichfalls vortheilhaft, obwohl ohne sie eine tiefe Rinne sich vor dem concaven Ufer ausbilden und zu erhalten pflegt. Man unterlässt dabei sehr häufig die Ausführung der Bahnen vor dem convexen Ufer, indem man glaubt, dass sie den Angriff des Stroms auf das concave Ufer

noch verstärken möchten, dieses ist aber keineswegs jedesmal der Fall, und besonders wenn ihre Köpfe recht steil gehalten werden, so erzeugen sie vor sich eine grössere Tiefe und tragen sehr wesentlich dazu bei, den Strom von dem concaven Ufer abzu ziehen und ihn gleichmässiger über die ganze Breite der Bettfläche zu vertheilen. Die geraden Stromstrecken und ebenen Uebergänge aus einer Krümmung in eine andere entgegengesetzte, sind in gewisser Beziehung am schwersten zu reguliren und vor Verflächungen zu sichern: indem nämlich der Strom nicht so bestimmt auf gewisse Stellen hingewiesen wird, und in diesen die gehörige Tiefe erhält, so pflegen sich sehr leicht nachtheilige Sandablagerungen zu bilden. Wenn man einen Strom untersucht, der sich selbst überlassen ist, so bemerkt man gewöhnlich, dass in den Stromkrümmungen die Tiefe am grössten ist, als in den Uebergängen aus einer Krümmung in eine andere. Den Grund hiervon darf man nicht allein in den verstärkten Angriffen des Wassers vor dem concaven Ufer suchen, sondern die Verflächung an den geraden Stellen wird meistens auch dadurch veranlasst, dass das Hochwasser am wenigsten dem eigentlichen Strombette folgt und vielmehr herüber fliesst. Jedenfalls wird man die Versandungen an solchen Stellen verhindern, oder wenigstens am schnellsten beseitigen, wenn man starke Einschränkungen vornimmt, und hierauf die Praxis mancher Wasserbaumeister, die Profilweite in den Krümmungen bedeutend grösser anzunehmen, als in den zwischeliegenden Strecken: besonders geschieht dieses, wenn man in Krümmungen, wie schon erwähnt, das Bett recht weit gelassen lässt oder es eigentlich nur von der concaven Seite aus einschränkt.

Wenn man die Breite kennt, die man dem Strombette lassen oder belassen soll, so kommt es darauf an, die neuen Uferlinien zu bestimmen und in der Charte einzutragen. Es ist es jedenfalls Bedingung, dass diese Linien sich an die alten oberhalb und unterhalb der zu corrigirenden Strecken anschliessen müssen. Ausserdem muss das neue Flussbett, wenn es geschehn kann, mit dem bestehenden zusammenfallen, nicht weiter, als es dringend nöthig ist, Veränderungen eintreten dürfen, und namentlich nicht grosse Uferstrecken dem Laufe des Stromes Preis gegeben, und eben so wenig solche Re-

und werden, die von der Schifffahrt allein benutzt werden können. Insbesondere wichtige Rücksicht ist es ferner, dass das neue möglichst regelmässig geführt wird. Es ist dabei keineswegs nöthig, dass es in ganz geraden Linien oder sehr flachen gezogen wird, wozu auch nur sehr selten die Gelegenheit eintreten zu sein pflegt. Ohne allen Nachtheil kann man für die Linien beliebige Curven wählen, wobei es auch sehr gleichgültig ist, ob diese Kreislinien sind, oder andere Bögen. Man muss indessen immer sehr sorgfältig vermeiden müssen, irgend welche Krümmungen oder vollends förmliche Winkel in den Uferlinie eintreten zu lassen, wodurch jedesmal ein besonders starker Stoss gegen dieses Ufer und ausserdem auch eine Unregelmässigkeit im Strombett herbeigeführt werden würde. Demnächst muss man es vermeiden, entgegengesetzte Krümmungen vielfach hintereinander zu lassen: die Krümmungen müssen vielmehr, soweit es möglich ist, sich in demselben Sinne auf lange Strecken hinziehen, damit der tiefe Stromschlauch vor dem concaven Ufer gehörig ausbilden und von den Schiffen verfolgt werden kann. Wenn man diese Vorsicht nicht beobachtet und in sehr geringen Abständen die concaven Ufer in convexe übergehen lässt, so wird sich das Fahrwasser unregelmässig auszubilden, und starke Ablagerungen treten bald von der einen, und bald von der andern Seite vor. Eine fernere Rücksicht bei Bestimmung der Lage des Strombettes bezieht sich darauf, dass dasselbe so viel als möglich sich der Strömung des Hochwassers anschliessen muss, um durch dieses nicht etwa jedesmal Sand- und Kiesbänke an neuen Stellen abgesetzt werden, welche das kleine Wasser später fortzutreiben muss. Diese Rücksicht ist es besonders, welche die Einführung weit ausgezogener Serpentinien verbietet, die sonst die Vertheilung des Gefälles bei kleinem Wasser sehr vortheilhaft wirken könnten. Die Regulirung beschränkt sich nach dem Vor Gesagten keineswegs auf das eigentliche Strombett, sondern reicht auch auf die Umformung der Ufer, und sie bezweckt sonach eine Einwirkung auf die Leitung des Hochwassers. Für die Abführung von diesem würde es indessen höchst nachtheilig sein, wenn man seine Profile stark beschränken, oder in der Richtung eines Laufes grosse Krümmungen einführen wollte. Das Wasser muss sonach der allgemeinen Richtung des Flussbettes

folgen, und letzteres darf, wenn es auch sanfte Krümmungen zu beiden Seiten macht, sich doch nie so weit von jener gemeinen Richtung entfernen, dass es mit demselben rechtswinkelrecht bildet oder wohl gar rückwärts strömt. Endlich muss bei der Bestimmung der Uferlinien auch noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Wirkung von sehr kurzen Einbauten jedesmal ein Erfolg verspricht, und ebenso auch die Einbaue vor den Ufern in scharfen Krümmungen theils sehr kostbar in der Herstellung und Unterhaltung ausfallen, theils aber auch nur wenig Wirkung zu erzeugen pflegen. Man thut daher wohl, wenn man in diesen Fällen lieber die Ufer unmittelbar deckt, oder die Wirkung der vorhandenen Ufer gleich in die neuen Uferlinien einnimmt. Sollten hier aber Felsen vortreten, oder das alte Strombett liegen, so würde man wieder die Kosten der Beseitigung der letztern berücksichtigen müssen, und wenn diese von bedeutender herausstellen sollten, lieber eine Verbanung vornehmen, oder die neue Uferlinie weiter davon entfernen.

Die Uferlinien, welche sich nach diesen Rücksichten als zweckmässigsten herausstellen, werden in die Strombetten getragen, etwa wie Fig. 88 dieses durch die punktirte Linie angedeutet. Das neue Strombett, welches man darstellen will, geht sich auf diese Weise zwischen den vorhandenen Inseln und Inseln hindurch, und oft kommt es auch vor, dass das neue Strombett das vorhandene Ufer hineingreift, oder mitten durch Inseln hindurch geht. Es lässt sich dieses nicht vermeiden, wenn es nur möglich wird, scharfe Ecken oder sehr scharfe Krümmungen zu umgehen. Bei einem Strome, der grossen Veränderungen unterworfen ist, muss man aber eilen, möglichst bald die erfolgte Aufnahme der Ufer auch das Project aufzustellen auszuführen, weil sonst die Anlage nicht mehr passend sein wird. Das Festhalten an einem frühern Plane, der vielleicht vor sehr zweckmässig war, ist, nachdem wesentliche Aenderungen in dem Strombette eingetreten sind, durchaus unstatthaft, vermehrt nicht nur die Kosten, sondern macht es auch unmöglich, dass der Zweck vollständig erreicht werden kann. Die Aufgabe, die man jedesmal lösen muss, besteht darin, den Localverhältnissen, wie sie zur Zeit des Baues gerade sind, den möglichst grössten Nutzen zur Erreichung des Zweckes

Wenn eine längere Zeit verflossen ist, oder vielleicht auch Hochwasser zwischen der Aufnahme des Stroms und der Ausführung des Baues eingetreten ist, so können sich so wesentliche Veränderungen ereignet haben, dass man schon von dem ursprünglichen Plane abgehn muss. Hierher gehört namentlich das starke Sinken von denjenigen Ufern, die einen Theil der neuen Ufer bilden sollten: statt einer einfachen Deckung derselben muss man, um das frühere Project beizubehalten, in grosser Wassermenge im heftigen Strome Einbaue ausführen, die bei starker Abnahme des Ufers in der Regel auch schlecht verlanden und fortwährend eine schwierige Unterhaltung erfordern. Es ergibt sich hieraus die wichtige Regel, dass man kein Stromregulirungsproject aufstellen darf, wenn nicht wirklich Aussicht vorhanden ist, dass es bald zur Ausführung kommen kann. Dessen immer einige Zeit zur Aufstellung, Prüfung und Genehmigung des Bauprojectes erforderlich ist, und es beim geordneten Geschäftsgange verlangt wird, dass die Anschläge für grössere Arbeiten schon im Herbste eingereicht werden, damit die erforderlichen Gelder für das nächste Jahr bereitgestellt werden können, so ist es Pflicht des Bauingenieurs, schon diejenigen Veränderungen zu berücksichtigen, welche gewöhnlich während des Winters vorkommen werden. Eine solche Schätzung ist höchst unsicher; um so nöthiger wird es sein, dass nach dem Abflusse des Hochwassers auch sogleich eine Überzeugung gewonnen wird, dass die früher beabsichtigte Regulirung unter den veränderten Umständen noch passend sei. Wenn dieses nicht der Fall ist, so muss man untersuchen, welche Abänderungen im Projecte einzuführen sind. Sobald aber der Bau begonnen werden kann, oder wenigstens die Genehmigung dazu erteilt ist, so muss vor Allem dahin gewirkt werden, solchen Abänderungen, die auf den ganzen Bauplan von Einfluss sind, durch geeignete Maassregeln sicher vorzubeugen. Diese Rücksicht ist vorzugsweise in dem Falle wichtig, wenn die beabsichtigte Stromregulirung eine solche Ausdehnung hat, dass sie in einem Jahre nicht beendigt werden kann: alsdann ist es sehr selten nothwendig, von der oben gegebenen Regel abzuweichen, und jeder Bau dieser Art mit denjenigen Werken beginnen, welche am meisten stromaufwärts liegen. Wichtiger ist es

in diesem Falle, solche Uferecken oder Uferstrecken festzuhalten, durch deren weichen Abbruch der neue Stromlauf unregelmäßig werden, oder die Uferbildung verhindert werden könnte.

Bei starken Verwilderungen des Stroms, und wenn sich schon vielfache Arme sich gebildet haben, würde die Regulirung zwecklos werden, wenn man das neue Strombett so durch Einschnitte vollständig einschliessen wollte: es ist also zweckmässiger und sogar auch sicherer, den Plan erst in allgemeinen Umrissen aufzustellen, und sich namentlich darüber zu einigen, welche Arme den Hauptstrom aufnehmen, welche zur Verlandung gebracht werden sollen. Man kann dann, und besonders wenn das Interesse der Schifffahrt zugleich eine vollständige Abhülfe verlangt, durch verschiedene Bänke zuerst diese wichtigsten Veränderungen einleiten, also wesentlich auf die Verlandung der Nebenarme hinwirken und das Wasser in dem bestimmten Stromschlauche sammeln, der dann zugleich gehörig verbreitet und vertieft wird. Wenn dieses geschehn ist, so wird eine neue Aufnahme mit Tiefenmessung dienen, das vollständige Project zu entwerfen. Bei diesem Verfahren ist es aber immer von grosser Wichtigkeit, jeder Unregelmässigkeit durch gehörige Leitung des Wassers von oben her zu begegnen, und für die untere Strecke die Erfolge zu erwarten, soweit dieses ohne Nachtheil geschehn kann.

Wenn der Strom sich in mehrere Arme spaltet, so giebt gewöhnlich noch einen andern sehr wichtigen Grund, der es bietet, die sämmtlichen Regulirungswerke zugleich vollständig auszuführen. Es trifft sich nämlich häufig, dass derjenige Arm, den man wegen seiner Richtung oder vielleicht wegen anderer Eigenschaften zur Aufnahme des Stromes wählen muss, sehr euer sehr seicht ist, so dass er weder für die Abführung des Wassers noch auch für die Schifffahrt genügt. Man muss also dann zunächst auf die Verbreitung oder Vertiefung desselben hinwirken, bis man die Nebenarme ganz absperrt. In Bezug auf die Abführung des Wassers kann man diese Bedingung leicht erfüllen, wenn man das oben (§. 72) angegebene Verfahren befolgt, und den Hauptarm nur nach und nach zur Verlandung bringt. Es kann dieser Zweck aber auch dadurch erreicht, dass man Schwellen in ihm erbaut und dieselben später erhöht, so

were Material, welches der Strom hinführt, aufgefangen nach eine allgemeine Verflächung erzeugt haben. Ganz hend der Verminderung des Profils in diesem Arme, wird Profil des andern Armes vergrössern, wenn nicht etwa s Felsenriff hindurchstreicht, oder sehr grobes Material rin abgelagert hat, welches dem Angriffe des Stromes ht. Das schwere Geschiebe kann man, wenn ein starker larüber geht, durch mechanische Hülfsmittel aus seiner ssenen Lage bringen, worauf es wieder vom Strome fort- m wird. Oft aber genügt dieses nicht, und es ist nöthig, ae unmittelbar herauszuheben, und eben so sieht man sich weilen gezwungen, den gewachsenen Felsboden im Bette ver fortzusprenge. Beide Operationen, und besonders die slegen sehr kostbar zu sein, und es ist sonach nothwendig, on bei der Entwerfung des allgemeinen Regulierungsplanes icksichtigen. Finden diese Fälle dagegen nicht statt, so die verstärkte Strömung in dem Hauptarme bald eine e Einwirkung auf dessen Bette und Ufer hervor, und das erweitert sich, wodurch wieder die Werke im Nebenarme griffe entzogen werden, und die Verlandungen hier um so er erfolgen. Auf solche Art bildet sich nach und nach das ett regelmässiger aus, so dass man später die noch erfor- m Einschränkungen mit weit geringeren Mitteln zur Aus- bringen, und dadurch die Stromregulirung vollenden kann, ass in der Zwischenzeit jemals der Abfluss des mittleren rs und des Hochwassers behindert werden darf. Ganz sind aber die Folgen, wenn man ohne Rücksicht auf das des übrig bleibenden Armes den Hauptarm plötzlich ab- st: besonders kommen alsdann die Coupirungen selbst in rosse Gefahr, wie bereits von den am französischen Ufer eine ausgeführten Werken erwähnt worden ist. Aehnliche ände haben sich indessen auch in vielen andern Fällen t, und sie sind Veranlassung geworden, dass man die Cou- en als die schwierigsten und bedenklichsten Anlagen beim au anzusehn pflegt.

chwieriger ist es, das Schiffahrtsinteresse gehörig wahrzu- m, wenn der Hauptarm geschlossen werden soll. Ist die denselben überflüssig gross, so lässt sich das oben ange-

gebene Verfahren noch in Anwendung bringen, indem der Rücken der Schwelle so tief legt, dass der Wasserstand noch mit den andern untiefen Stellen in demselben Strom einstimmt. Die Tiefe des abzuschliessenden Armes ist gemeinhin nur nothdürftig vorhanden, so dass man weiter vermindern darf, ohne sogleich die Schifffahrt zu trächtigen. Es bleibt alsdann kein anderes Mittel übrig, man die Uebergangsperiode bis zur hinreichenden Vertiefung Nebenarmes möglichst abzukürzen sucht, indem man durch tüchtige Verhauung und vollständige Regulirung den Strom gleich in den andern Arm hineintreibt. Fehlt es dieser aber stellenweise an der für die Schifffahrt erforderlichen Tiefe, so muss man durch unmittelbare Handarbeit oder Bagge eine Rinne für den Durchgang der Schiffe künstlich anlegen. Wenn man die Richtung dieser Rinne so wählt, dass sie dem neuen Stromlaufe gut anschliesst, so darf man hoffen, dass sie nicht nur offen bleiben, sondern beim vermehrten Andränge des Wassers sich auch zum tiefen und breiten Stromschlauche ausbilden wird. Dieser Fall kommt sehr häufig und am Rhein sowohl, als an der Mosel und der Weser beinahe jedesmal geglückt, auf solche Art selbst die häufigsten Unterbrechungen oder Erschwerungen der Schifffahrt zu vermeiden. Ich vermute, dass bei gehöriger Berücksichtigung der Verhältnisse, wie sie zur Zeit des Baues gerade stattfinden, in allen Fällen möglich ist, und der neue Weg, sobald die Schiffer wählen müssen, dem bisherigen weder in Bezug auf die Tiefe noch auf die Richtung nachstehn darf, wohl aber in der Zeit sich viel vortheilhafter als der frühere umgestalten kann. Dabei freilich vorkommen, dass einige Vorsicht erforderlich wird, um das Schiff in die eben eröffnete Rinne hineinzuführen und es zu diesem Zwecke, vielleicht während es früher durch äussere Hülfe mit dem Strome herabtreiben durfte, sorgfältig zu steuern, oder auch wohl durch Bäume abgesetzt werden. Hierin liegt aber nur eine geringe Unbequemlichkeit, die nicht vermeiden lässt, und keineswegs als eine wirkliche Behinderung oder Behinderung der Schifffahrt angesehen werden. Selbst wenn das Schiff bei der Thalfahrt vor einer solchen Unterbrechung ankern und rückwärts am Tau herabgelassen werden

noch nicht leicht erforderlich ist, so liegt auch hierin noch wesentliches Hinderniss, vorausgesetzt, dass der Uebelstand seiner Zeit verschwindet. Es kommt vorzugsweise nur darauf an, dass die nöthige Wassertiefe sich wirklich überall vorfindet, dass das Schiff nicht gelichtet werden darf, und dass andererseits bei der Bergfahrt die Strömung nicht so stark wird, dass der Schiffer gezwungen wird, die Anzahl der Zugpferde zu erhöhen.

Ein Uebelstand, der sich hierbei häufig zeigt, und der oft zu bittersten Beschwerden Veranlassung giebt, bezieht sich auf die weite Entfernung des Leinpfades von dem Fahrwasser: er verdient ohne Zweifel um so mehr beachtet zu werden, je nicht so bald gehoben werden kann, weil die Dauer seines Bestehens von der Verlandung des alten Stromarmes abhängt, nämlich auf dem neuen Ufer ein Leinpfad für Pferde eingerichtet ist, so wird man bei der Regulirung des Stromes immer dabei sein, den tiefen Schlauch, den die Schiffe verfolgen sollen, möglichst in die Nähe dieses Leinpfades zu bringen. Dieses ist aber in manchen Fällen durchaus unausführbar: wenn z. B. ein Arm vorkommt und der nächst liegende Arm zur Darstellung eines regelmässigen Stromlaufes ganz ungeeignet ist, und er zur Verlandung gebracht werden muss, so wird die Zugpferde über die Insel fort bis zu dem dahinter liegenden Leinpfade geleitet werden müssen, und diese Unbequemlichkeit hört nicht auf, als bis der zwischenliegende Arm stark verlandet ist, dann man sonach den Leinpfad hindurchlegen und über die Insel fahren kann. Erbaut man niedrige Schwellen in diesem Arme, so ohne Zweifel die Verlandung am schnellsten herbeiführen, wie das Eintreiben und Ablagern des schweren Materials am besten befördern, so können gewöhnlich die Schiffe bei kleinem Wasserstand nicht mehr darüber fortgehn, und sie müssen vielmehr während der Dauer dieses Wasserstandes sehr lange Leinen anlegen. Dabei kommt es häufig vor, dass sie mit solchen nicht fertig sind, sie also mit kürzeren durchzufahren versuchen, was grosse Schwierigkeiten und oft auch wirkliche Gefahr für die Leinpfeder zur Folge hat, indem der Zug sehr schräge wirken muss, daher ausserordentlich verstärkt werden muss. Der Uebelstand wird besonders gross, wenn das Fahrwasser sich noch nicht

gehörig ausgebildet hat, und sehr enge und vielleicht gekrümmte Rinnen verfolgt werden müssen. Die Schiffer früherer Zeit ein solches Hinderniss an dieser Stelle nicht bringen alsdann die härtesten Beschwerden und Klagen. Der Baubeamte erhält nicht selten den Auftrag, den Uebelstand zu beseitigen. Es entsteht nunmehr die Frage, wie es zu thun sei.

Je höher man die Schwellen in dem alten Arme aufstellt, so mehr verhindern sie seine Verlandung: und wie hoch auch immer legen mag, den Beschwerden der Schiffer kann doch nicht ausweichen, denn bei denjenigen Wasserständen, weder das Uebergehn der Pferde noch auch das der Schiffe diese Schwellen gestatten, bleibt der Leinpfad vom Fahrwasser weit entfernt. Man hilft sich häufig dadurch, dass man den Mittelweg einschlägt, und die Dämme bis zur Höhe des Wassers heraufführt. Für das kleine Wasser ist also der Uebelstand beseitigt, indem die Pferde während desselben auf der Insel getrieben werden, aber sobald der höhere Wasserstand tritt, werden die Klagen um so lauter, da der heftige Stoss sich alsdann gleichfalls einstellt, die weite Entfernung des Leinpfades von dem Fahrwasser um so nachtheiliger macht, als ein Aufenthalt der Schiffe in dieser Zeit wirklich gefährlich ist, indem man besonders im Spätherbste besorgen muss, dass die Schiffe vor dem Eintritt des Eisganges oder Eisstandes ihren Winterungsort gar nicht erreichen. Die Schiffer verlangen in solchen Fällen immer, dass die Dämme in der vollen Leinpfadshöhe gehalten und in gleicher Höhe auch ein Leinpfad über die Dämme geführt werden soll. Dadurch wird ein vollständiges sehr hohes Parallelwerk mit oberm und unterm Anschlusse an das Ufer gefordert, welches eine Verlandung des alten Armes unmöglich macht. Der Bau bleibt also in diesem Falle trotz der Gefahr des Durchbruchs ausgesetzt, und die Abwehr des Ufers zur gehörigen Zusammenhaltung des höchsten Wassers wird gleichfalls verhindert, wodurch wieder die Tiefe des alten Arms immer bedroht bleibt.

In Fig. 88 ist ein solcher Leinpfad, der zugleich als letzter Coupirungsdamm des Stromarmes dient, durch die Punkte *A B* und *C D* angegeben: er muss sich natürlich

an der Richtung des Stromes anschliessen, damit der Weg, den die Pferde nehmen, von der Richtung des Zuges nicht zu weit abweicht. Dadurch wird der obere Damm ein declinantes Werk, das überstürzende Wasser greift das dahinter liegende Ufer stark an. Um dieses zu verhindern, sind an der Mosel in jedem Falle jedesmal noch die Anschlüsse *E* erbaut worden, so dass diese Leinpfadsdämme nicht höher als die Kronen der Buhnen, so ist es zweckmässig, die letztern noch vollständig zur Regulirung zu bringen, um soviel wie möglich auf die Verlangsamung hinzuwirken: wenn aber der Leinpfad eine grössere Höhe annehmen muss, so werden die Buhnen fast ganz unwirksam, und es bleibt dann nichts übrig, als sich allein darauf zu beschränken, die Beschädigungen, die hier niemals aufhören, immer wieder zu bessern.

Haben die Schiffer indessen aus den bereits ausgeführten Erfahrungen die Ueberzeugung gewonnen, dass die Anlagen ihr Interesse fördern, und dass solche vorübergehende Unannehmlichkeiten durchaus unvermeidlich sind, wenn man günstigere Verhältnisse sicher herbeiführen will, wie sich dieses Vertrauen deutlich bei den Schiffern auf der Weser häufig zu erkennen lassen hat, und wenn überdiess die Fahrzeuge nicht möglichst ausgerüstet sind, so ist der Baumeister nicht mehr geneigt, wegen eines augenblicklichen Uebelstandes Maassregeln zu treffen, welche die nachhaltige Regulirung des Stromes ganz unmöglich machen. Eine gänzliche Unterbrechung der Schifffahrt lässt sich aber immer und selbst für kurze Zeiten vermeiden, wenn man auch keine Leinpfade durch den alten Arm legt, und in folgender Art.

In vielen Fällen ist es schon zulässig, den Leinpfad auf das obere Ufer zu verlegen, oder wenigstens einen Hilfsleinpfad dazwischen einzurichten, der bei denjenigen Wasserständen, für welche die Schwierigkeit am grössten wird, benutzt werden kann. Wenn ferner die Coupirung *F* in Fig. 88 in der Höhe des niedrigen Wassers angelegt hat, so können die Pferde beim kleinsten Wasserstande, also in der Zeit, wenn das Innehalten des Fahrzeuges am beschwerlichsten wird, über die Coupirung nach der Weichung kommen. Das Schiff wird also, wenn es unterhalb der Weichung angelangt ist, vor Anker gelegt oder am Ufer gegen beson-

dere Pfähle, die zu diesem Zwecke eingerammt sind, fest, die Pferde werden von der Leine gelöst und über die O nach dem untern Ende der Insel geführt. Indem man wieder vorspannt, ziehen sie das Schiff bis zum obern Y Insel herauf. Das Schiff muss hier zum zweiten Male U werden, und die Pferde gehn nunmehr wieder nach dem L und zwar bis oberhalb der Insel herauf, wo der gewöhnliche fortgesetzt werden kann. Dieses Verfahren findet bei so geringer Ausdehnung, wie eine solche in der Figur da ist, nicht leicht Anwendung. Die Schwierigkeit wird aber grösser, je weiter die Insel sich längs dem Strome hinauf dieses ist gerade der Fall, in welchem das Uebergehn da um so nöthiger ist. Letzteres kann alsdann noch dadurch leichtert werden, dass man statt einer Coupirung, zwei den erbaut, und sonach die Pferde nicht den ganzen Weg zum dürfen. Dieses Verfahren findet so lange statt, bis das so hoch steigt, dass die starke Strömung auf den Can das Uebertreiben der Pferde verbietet. Alsdann muss die längern Leine gefahren werden, welche die Insel überspannt etwas höhere Wasserstand macht hierbei aber schon das Innnehmen der tiefen Rinne entbehrlich, und das Schiff gemeinhin ziemlich nahe an der Insel fahren. Es geschieht dass die lange Leine alsdann über die Insel streicht, theils beschädigt, theils auch zurückgehalten wird: um zu vermeiden, muss ein Schiffsknecht auf die Insel gesetzt, der die Leine trägt oder sie löst, so oft sie einen Gefasst hat. Steigt das Wasser noch höher, so gehn die über die Coupirungen fort und fahren wie vor dem U dem Leinpfade.

Sobald die Coupirungen eine merkliche Verlandung haben und nur noch wenig über dem Bette des alten An treten, so erhöht man sie aufs Neue um einige Fusse und mehrt auch, wenn es nöthig ist, ihre Anzahl, um die Vermöglichst zu beschleunigen. Dadurch wird es veranlassen die Periode, während welcher die Leine über die Insel werden muss, bei einem höheren Wasserstande als früher aber der neue Stromlauf hat sich schon mehr ausgebreitet sonach ist seine beschränkte Breite und eben so auch die

lung in ihm verschwunden, was wieder den Zug erleichtert. Am endlich das alte Bett bei kleinem Wasser trocken geworden oder wenigstens an seinem obern und untern Theile sich erhöht hat, so steht der vollständigen Durchführung des Pfades über die Insel nichts mehr im Wege, insofern er dem Anriffe nicht mehr ausgesetzt ist, und das Interesse der Schiffahrt ist alsdann in jeder Beziehung gesichert.

Es darf kaum erwähnt werden, dass bei Anwendung dieses Verfahrens jede zulässige Hülfe der Schiffahrt geleistet werden muss. Die bereits erwähnten Pfähle oder Schiffhalter dürfen nicht fehlen, der Leinpfad auf der Insel selbst, sowie auch der Übergang über die Coupirung muss möglichst bequem gemacht werden, ferner dürfen die Streichhölzer nicht fehlen, um das Abgleiten der Leine an einzelnen vorragenden Gegenständen zu verhindern. Demnächst muss man dafür sorgen, dass die Veränderung des alten Armes soviel es geschehn kann, beschleunigt wird, damit die Uebergangsperiode, die doch immer einige Jahre dauert, sich nicht zu lange ausdehnt. Jedenfalls verdient es eine ernsthafte Erwägung, ob man den neben dem Leinpfade verlaufenden Arm abschliessen soll; wenn die übrigen Umstände die Wahl gestatten, wird man dieses nie thun, und selbst wenn Krümmungen und andere localen Verhältnisse dabei etwas entgegenstehen sollten, so wird der Vortheil, der aus der Vermeidung der erwähnten Schwierigkeiten entspringt, gewöhnlich den überwiegenden Ausschlag in der Wahl des beizubehaltenden Armes geben.

Das Vorstehende bezog sich auf die Bestimmung des neuen Stromlaufes und seiner beiden Ufer: dieselbe ist aber nicht auf jene Stelle zu beschränken, wo es vielleicht an Tiefe mangelt, oder andere Umstände die Regulirung nothwendig machen, sondern muss sie vielmehr so weit fortsetzen, dass ein gehöriger Anschluss an die nächst unterhalb belegene Stromstrecke sich findet, weil dadurch allein dem Entstehen neuer Unregelmässigkeiten vorgebeugt werden kann. Die neuen Uferlinien, welche die Köpfe der Einbaue bezeichnet werden, müssen demnach die folgenden Ufer übergehn. Wenn es sich daher trifft, dass die untere Stromstrecke bei grosser Breite hinreichende Tiefe hat, so also die Fortsetzung der Einschränkung ganz überflüssig zu

sein scheint, so muss man diese dennoch wenigstens so nehmen, dass die oberen engen Profile nur allmählig in die weiten übergehen. Unterlässt man diese Vorsicht, so bildet unterhalb der regulirten Strecke und zwar gerade in dem natürlichen Stromschlauche starke Ablagerungen von Kies oder Geröll, die das Fahrwasser verengen oder spalten es. Die Ablagerungen bestehen aus demjenigen Material, welches bei der Vertiefung und Verbreitung des neuen Bettes gelöst wurde, kann dieses sehr vortheilhaft beseitigen, wenn man die ersten unteren Einbaue zur Ausführung gebracht hat, zwischen denen es sich besonders stark aufzuhäufen pflegt.

Sind auf solche Weise die Uferlinien für die ganze regulirte Strecke vollständig bezeichnet, so kommt es darauf an, die Bauwerke so anzuordnen und die sonstigen Anlagen einzurichten, dass die Bildung der Ufer hier wirklich eintreten muss. Treten einzelne Theile der vorhandenen Ufer über die Linien heraus, so muss man diese dem Angriffe des Wassers möglichst bloss stellen. In dem Beispiele, welches Fig. 1 zeigt, geschieht dieses mit einem Theile der Insel, indem man also das Strauch, welches hier wächst, ausroden, damit das Wasser nicht abgehalten wird, daselbst das Strombett zu bilden. Ausserdem muss man sich entscheiden, wo man die Ufer unmittelbar darstellen, und wo man ihre Bildung dem Strom überlassen will, indem man durch Einbaue die Ablagerung von Material befördert. Es ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden, dass in scharfen Stromkrümmungen die Einbaue sehr wirksam und ausserdem der Schifffahrt nachtheilig sind, und dieselben andererseits, wenn sie sehr kurz sind, überhaupt keinen Erfolg haben. Man wird also wohl thun, an denjenigen Stellen, wo die neue Uferlinie nicht weit vom bestehenden Ufer entfernt ist, eine unmittelbare Deckung vorzunehmen, wie es in dem gewählten Beispiele mit dem der Insel gegenüberliegenden Ufer geschieht. Es ist schwer, eine bestimmte Grenzlinie für die Entfernung anzugeben, bis zu welcher man die Deckung vornehmen, und wo statt ihrer, Einbaue gewählt werden sollen. Die Vergleichung der Kosten zwischen beiden geht in diesen Fällen diese Grenze an, doch darf man dabei auch noch beachten, dass die kürzern Einbaue wieder öfter

ergerückt werden müssen, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, wie dieses im gewählten Beispiele bei *G* geschehn ist. Rhein zeigen sich die Einbaue unwirksam, wenn sie nur 5 Ruthen lang sind, man kann daher annehmen, dass ihre Länge bei sehr grossen Strömen wenigstens dem zwanzigsten Theile der Breite desselben gleich sein muss: bei kleineren Strömen wird man aber nicht unter den fünfzehnten oder zehnten Theil herabgehn dürfen. Diese Regel bezieht sich nur auf die durchschnittliche Länge der Buhnen, einzelne unter ihnen und besonders die ersten oder letzten in einem Systeme, dürfen ohne Zweifel auch kürzer ausfallen, wenn dieses der Zug der Uferlinie verlangt.

In Betreff der Anordnung der Einbaue ist noch deren Entfernung von einander, sowie auch ihre Höhe, näher zu untersuchen. Häufig nimmt man an, dass die Entfernung der Einbaue nur durch die Länge derselben bedingt wird, und man pflegt zu sagen, dass jene nicht mehr als das Vier- bis Sechsfache von dieser betragen müsse. Die Wirksamkeit der Buhnen für die gehörige Leitung des Stromes, sowie auch auf die Verengung, hängt indessen davon ab, dass der Strom sich nicht so sehr stark hineinwerfen kann, und hierbei ist ohne Zweifel die Breite des Stroms, demnächst aber auch seine Richtung gegen das zu verbauende Ufer von wesentlichem Einfluss. Was den besonderen Umstand betrifft, so kann man vor den convexen und besonders vor den geraden Ufern die Entfernung der Buhnen von einander bedeutend grösser annehmen, als vor den concaven Ufern, das Wasser in Folge seines Beharrungsvermögens zwischen letztern weit stärker hineingewiesen wird, als zwischen die ersten. Doch kommt es hierbei nicht allein auf das wirkliche Ufer oder die Begränzung des eigentlichen Bettes an, vielmehr kommen häufig die darin befindlichen Untiefen eben so, oder noch mehr die Richtung des Stromes. So geschieht es nicht selten, dass an einer Stelle des Buhnensystems der Strom stark dringt, und man, um diesen abzuhalten, hier noch später ein Werk dazwischen legen muss.

Bei kleineren Strömen, wie bei der Mosel, der Weser und dergleichen, kann die Entfernung der Buhnen unter sich etwa drei Theile von der Breite des Strombettes betragen, bei dem Rhein

dagegen unterstützen sie sich gegenseitig nur wenig, wenn der Abstand der halben Breite des Stromes gleichkommt, und es ist daher vortheilhafter, sie nur in Abständen zu erbauen, welche den dritten Theil der Breite betragen. Diese Verhältnisse darf man indessen keineswegs als allgemein gültig ansehen, sie erleiden einfache Modificationen, theils nach der Richtung der Ufer, theils auch nach der Länge der Buhnen: fallen dieselben nämlich zu kurz aus, so muss man sie näher zusammen legen, und wenn sie im Gegentheil sehr lang sind, so ist es vortheilhaft, anfangs nur etwa eine um die andere zu erbauen, und erst später, nachdem zwischen ihnen eine starke Verlandung sich bereits erzeugt hat, die noch fehlenden auszuführen. Der Bau der letztern wird dadurch um Vieles erleichtert.

Silberschlag*) theilt eine Regel zur Bestimmung der Entfernung der Buhnen mit, welche auch von spätern Schriftstellern noch empfohlen ist, und häufig als sehr praktisch gerühmt wird. Sie besteht darin, dass man einen Körper vor der fertigen Buhne vorbeischwimmen lässt und zusieht, wo derselbe sich wieder dem Ufer nähert. An der Stelle, wo dieses geschieht, soll man die nächste Buhne erbauen. Das Mittel ist indessen theils an sich sehr unsicher, und offenbar berücksichtigt man dabei nur die Verhältnisse, wie sie gerade in der Zeit des Baues stattthun, nicht aber die Veränderungen, die in Folge der Bauten eintreten. Ausserdem ist es hiernach gar nicht möglich, schon vorher die Werke zu veranschlagen, und den dazu erforderlichen Materialbedarf zu kennen. Endlich kann eine solche Regel auch keine Anwendung finden, wenn es sich allein um den Schutz der Ufer handelt: für die eigentliche Stromregulirung giebt sie gewiss keine Norm ab.

Häufig legt man die Buhnen, wenn solche an beiden Ufern erbaut werden, einander gerade gegenüber: hierzu ist aber kein Allgemeines durchaus kein Grund vorhanden, und es wird deren Anzahl dadurch unnöthiger Weise vergrössert, indem sie vor den convexen Ufern nicht so nahe, als vor den concaven Ufern liegen brauchen.

*) Ausführliche Abhandlung der Hydrotechnik I. Theil §. 112.

Die Höhe der Buhnen ist vom wesentlichsten Einfluss auf die Wirksamkeit. Die Buhnen sollen das Bett und zugleich die Ufer ausbilden, das niedrige Wasser zusammenhalten, und das Hochwasser auch in den eigentlichen Stromschlauch weisen. Erheben die Buhnen, wie es gewöhnlich geschieht, eine ganz horizontale Krone, so ist es schwer, diese Wirkungen unmittelbar mittelbar durch sie herbeizuführen. Will man nämlich ihre Wirksamkeit nicht zu sehr schwächen, so darf man in diesem Falle die Kronenhöhe nicht zu niedrig annehmen, und wenigstens so hoch, dass sie über das niedrige Wasser treffen müssen. Diese grössere Höhe erlaubt es nicht, die Breite des Stromes stark zu beschränken, weil dadurch bei einem Wasserstande, der etwas höher ist als der der Kronen der Buhnen liegen, das Profil zu klein ausfallen würde. Es folgt hieraus, dass Buhnen dieser Art bei kleinem Wasserstande nicht gehörig zusammenhalten und gemeinhin unregelmässige Rinne zwischen sich bilden. Steigt das Wasser bis zu ihrer Krone oder etwas darüber, so äussern sie eine sehr starke Wirkung und namentlich erzeugen sie vor ihren Köpfen tiefe Auskolkungen und in ihrer ganzen Länge ein starkes Stauen des Wassers. Letzteres verursacht einen heftigen Ueberschuss, und da dieser immer gleichzeitig in ihrer ganzen Länge erfolgt, so bildet sich dadurch auf ihrer untern Seite eine tiefe Rinne, worin sich der Strom concentrirt, und theils den Widerstand befördert, theils aber auch für die Buhnen selbst sehr gefährlich wird. Einige Ungleichmässigkeit in der Höhe der Krone verursacht aber einen verstärkten Angriff auf die schwachste Stelle, dass daselbst bald ein Durchbruch zu erwarten ist. Wenn endlich das Wasser höher steigt, so hört in der ganzen Länge der Buhne ihre Wirksamkeit gleichmässig auf, und die Strömung des Hochwassers wird durch andere zufällige Umstände bedingt, dass der sehr wichtige Zweck, diese Strömung im eigentlichen Stromschlauch zu vereinigen, gleichfalls vereitelt wird.

Ganz anders sind alle Verhältnisse, wenn man die bereits oben als besonders vortheilhaft bezeichnete Anordnung wählt, und die Buhne in stätiger Ansteigung, von der Sohle des Stromlaufes ab, nach dem Ufer sich erheben lässt. Je niedriger der Wasserstand ist, um so stärker wird alsdann die Breite beschränkt, und letztere nimmt aber immer ganz regelmässig zu, wie das

Wasser steigt, und jeder Theil der Krone wirkt nach als Kopf der Bühne, so dass die Umstände sich mit dem des Wasserstandes immer verändern. Nirgend können Vertiefungen entstehen und eben so wenig ist irgend eine in dem abgeschlossenen Theile des Strombettes für das Geschiebe ganz unzugänglich geworden. Endlich nimmt beim Hochwasser die Tiefe nach dem Ufer hin regelmäßig und sonach concentrirt sich alsdann noch immer die Strömung in demselben Schlauche, worin das niedrigste fließt, und eine starke Ablagerung des Materials wird unmöglich.

Man hat die letzte Anordnung, soviel mir bekannt, ganz vollständig zur Ausführung gebracht, obwohl die an der Mosel und Saar sich derselben sehr nähern. Sie nämlich nach dem Ufer stark an, und ihr Kopf ist theils schon flach gehalten, theils aber hat man sie noch durch auslaufende Steinschüttungen verlängert, und auf diese Weise noch stärkere Beschränkung des Bettes bewirkt, sobald die führte Wassermenge sehr geringe wird. Die bezeichnete der Bühnen ist sonach keineswegs als eine Idee zu betrachten, die noch nie zur Ausführung gekommen wäre; sie hat vielmehr bereits sehr vortheilhaft bewährt, und es ist mir kein Spiel einer Stromregulirung bekannt geworden, wobei in so kurzer Zeit, wie an der Mosel und namentlich im Trierer Rheinbezirke eine vollständige Umgestaltung des Strombettes auf der gewünschten Weise erreicht worden wäre.

Gewöhnlich erbaut man die Bühnen mit ganz hoher Krone oder doch nur mit sehr geringer Ansteigung, und dem mit einem steil abfallenden, scharf markirten Kopf. Ist hierzu auch häufig durch die Wahl des Materials gerechnet und namentlich, wenn der gewöhnliche Packwerksbau aus Steinen und Erde bestehend, mit einer bepflanzten Krone Anwendung kommt. Damit nämlich die Pflanzung gedeihen darf die Krone weder vom Wasser zu lange bedeckt werden, noch sich bedeutend darüber erheben. Im ersten Falle, das Leben im Weidenstrauch, im letztern fehlt es den an der erforderlichen Feuchtigkeit, das Strauch verdorrt, der Körper der Bühne verrottet. Dazu kommt noch, dass diese

Darstellung flacher Köpfe oder überhaupt flacher Dossirungen möglich macht. Die Faschinen erhalten nämlich dabei nur durch darauf geschüttete Erde eine gesicherte Lage, und die Erde wird sogleich vom Strome fortgespült, wenn sie nicht durch Strauch bedeckt ist. Auf diese Weise fallen die Böschungen immer sehr steil aus, man kann ihnen nur etwa die einfache Anlage geben, oder sie unter 45 Graden gegen den Horizont neigen, selbst eine solche Neigung pflegt sich namentlich vor dem Kopfe des Werkes nicht zu erhalten. Die Höhe, in welcher das Weidenstrauch gedeiht, ist durch sehr enge Grenzen bezeichnet, von den Wasserständen des Stromes abhängen. Eine Bedeckung des Strauches durch hohes Wasser, wenn es nur kurze Zeit dauert, und namentlich im Winter, ist demselben wenig nachtheilig, sobald aber das Laub sich zeigt, wird eine Ueberströmung, wenn sie auch nur kürzere Zeit dauert, sehr nachtheilig; und andererseits ist der lockre Körper eines Packwerksbaues Veranlassung, dass bei kleinem Wasser eine vollständige Austrocknung oberhalb Theiles erfolgt. Aus diesen Gründen ist man gewohnt, die Krone der Buhne zwischen 1 und 2 Fuss über das niedrigste Wasser zu legen, und sonach hat man keine Gelegenheit, eine merkliche Ansteigung nach dem Ufer zu geben. Es eignet sich aber, wenn man eine solche dennoch einführen will, sehr leicht der ungünstige Umstand, dass in der Nähe des Kopfes der Weidenstrauch viel kräftiger anwächst, als an der Wurzel, und sonach am Kopfe auch weit mehr Sand und Erde aus dem Strome sich niederschlägt, als neben dem Ufer, wodurch nachher noch eine Erhöhung der Buhne an ihrem äussern Ende erfolgt, welche ihren Durchbruch besorgen lässt. Die Unregelmäßigkeiten im Anwachsen der Weiden, besonders auf dem an sich so losen Körper eines Packwerkes, beeinträchtigen überhaupt die Dauer und Wirksamkeit der Buhnen ausserordentlich, und erfordern wenigstens eine ununterbrochene Aufmerksamkeit und Nachhilfe nothwendig. Insofern das Strauch zum Schutze der Krone unentbehrlich ist, kann man die Bepflanzung freilich nicht unterlassen, aber man darf durchaus nicht von der Ansicht ausgehn, dass ob jedes kräftige Anwachsen des Strauches, wo dieses auch eintreten möge, vortheilhaft sei. Wenn es stellenweise dem Strome den Zugang sperrt, so verhindert es zugleich die Aus-

fällung der dahinter noch liegenden tiefen Rinnen, und das kann sich nicht mehr regelmässig ausbilden. Weit vorthelliger ist es, den Faschinenkörper, statt der Pflanzung, durch eine Steindecke zu sichern, welche die eingeführte Kronenhöhe anzeigt und es zugleich möglich macht, dieselbe in jeder beliebigen Höhe zu legen. Ausserdem widersteht eine solche auch dem Anstrome eines heftigen Stromes und namentlich dem Eise viel sicherer als der lose Packwerksbau mit der Pflanzung. Die Kosten der ersten Anlage können dadurch allerdings in vielen Fällen unordentlich gesteigert werden, aber wenn man die Wirksamkeit der Werke und die Kosten der Reparaturen vergleicht, so wird wohl jedesmal zur Ueberzeugung kommen, dass es vorthelliger gewesen wäre, sogleich die Steindecke gewählt zu haben.

Endlich muss bei Gelegenheit der Kronenhöhe der Bau auch noch der bereits angeführte Umstand berührt werden, dass dieselbe niemals die Uferhöhe übersteigen darf. Indem die Ausbildung der Ufer ein wesentlicher Zweck der Stromregulirung ist, so wird man seine Aufmerksamkeit auch darauf zu richten haben, die besonders niedrigen Uferstellen, die Niederschläge aus dem Wasser zu erhöhen, oder auf solchen Anlagen auszuführen, die zur Zeit des Hochwassers ähnlicher Weise wie Bühnen wirken, wenn ihre Construction von dieser wesentlich abweicht. Besonders kommt es häufig vor, dass ein starker Strom des Hochwassers den gekrümmten Lauf des eigentlichen Bettes ganz verlässt und auf dem kürzeren Wege das letzte weiter unterhalb wieder erreicht. Man muss also diesen Strom in der Art coupiren, dass das zwischenliegende Terrain sich wenigstens theilweise erhöhen kann. Man darf meinhin nicht besorgen, dass hierdurch die Vorfluth behindert werden möchte, denn die Ausbildung des eigentlichen Strombettes pflegt die Abführung des Wassers immer soweit zu erleichtern, dass keine stärkern Anschwellungen, als früher, für die Gegenden zu besorgen sind. Die Zurückführung des Hochwassers in das Bette ist aber nothwendig, um letzteres vor starken Erosionen zur Zeit der Anschwellung sicher zu stellen.

Es verdient kaum erwähnt zu werden, dass die Einbauten bei Massgabe des stärkeren oder schwächeren Stromanfalles, wie sie ausgesetzt sind, auch mehr oder minder fest ausgeführt werden müssen.

Alle diejenigen Werke, welche vom eigentlichen Stromgetroffen werden, oder in der Nähe desselben liegen, erfordern eine sehr solide Construction, andere dagegen und namentlich diejenigen, welche auf geringer Wassertiefe und vor den Ufern erbaut worden, kann man viel schwächer halten. Es genügt es, wenn diese nur aus doppelten oder auch aus einfachen Flechtzäunen bestehen, wovon an der Weser im günstigsten Erfolge vielfach Gebrauch gemacht ist. Wenn auch zuweilen durchbrochen werden, so ist es beim Wiederherstellen des niedrigen Wassers sehr leicht, sie wieder herzustellen. Bei der Wahl der Constructionsart kommt es auch in hohem Grade auf den Umstand an, ob man erwarten kann, dass die ausgetriebenen Werke in Kurzem eine ansehnliche Verlandung hervorbringen werden. Ist hierzu die Hoffnung vorhanden, so ist es weniger nöthig, sie besonders stark zu machen, da sie während kurzer Zeit Widerstand zu leisten brauchen. In dieser Weise rechtfertigt es sich auch, dass man zuweilen die verschiedenen Theile derselben Buhne sehr verschieden ausführt: kommt es z. B. an der Weser wiederholt vor, dass doppelte Flechtzäune den eigentlichen Buhnenkörper bilden, der Kopf aber ein vollständiger Parkwerksbau ist, weil er dem dauernden Anstrome ausgesetzt bleibt. Wenn man hierbei den schon erwähnten Umstand berücksichtigt, dass nämlich der Angriff eines Werks immer um so geringer ausfällt, je weniger dieses eine gewaltsame Aenderung des Stromlaufes bedingt, so liegt wieder ein wesentlicher Vortheil in der Wahl solcher Anlagen, die eine ganz allmähliche Umgestaltung der Verhältnisse bewirken: gerade durch diese erreicht man aber die regelrechte Ausbildung der Ufer, und die Erfolge, welche sie versprechen, stellen sich immer sehr schnell ein. Es ist dabei freilich für die vollständigen Herbeiführung dieser Erfolge eine grosse Aufmerksamkeit erforderlich, damit nicht etwa die Werke zerstört und dadurch Strömungen veranlasst werden, die neue Unordnungen einführen, aber wenn man diese Vorsicht nicht fehlen lässt, so sind solche leichte und niedrige Werke ganz besonders geeignet, namentlich in kleinern Strömen manche Untiefen mit den geringsten Kosten zu beseitigen. Es giebt hiervon in dem Preussischen Antheile der Weser vielfache Beispiele. Für diese erwähnten Anlagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

Zäune oder andern leichten Werke gelten übrigens dieselben Regeln, wie für die Buhnen, und namentlich müssen sie eine solche Richtung erhalten, dass sie das Material, welches die Strömung ihnen zuführt, am vollständigsten auffangen und es am regelmässigsten vertheilen. In dem Beispiele, welches Fig. 88 darstellt, dürften die mit *H* bezeichneten Werke nur aus Fleiszäunen bestehen, und ebenso auch wäre es nur erforderlich, wenn die mit *G* bezeichneten Einbauten eines um das andere als Buhnen auszubauen, und für die dazwischen liegenden wieder die beste Constructionsart zu wählen.

Nachdem die verschiedenen Werke beschrieben sind, welche zur Regulirung solcher Stromstrecken dienen, in welchen kein besonders starkes Gefälle erhalten will, ist es nöthig, die Reihenfolge der Bauten an einem Beispiele zu zeigen. Ich wähle wieder das in Fig. 88 dargestellte, und setze zunächst voraus, dass es Absicht ist, die sämmtlichen Bauten ohne Unterbrechung, also in einem Sommer auszuführen. Am passendsten würde es sein, noch vor der Erbauung derjenigen Werke, welche den Strom in den rechteitigen Arm weisen sollen, dem fernen Uferabbruch in demselben der Insel gegenüber zu begegnen, und sonach das Deckwerk am rechten Ufer zuerst zur Ausführung bringen. Gleichzeitig kann man indessen auch das Wäldergestrüch auf der Insel bis zur künftigen Uferlinie ausroden, bei etwa eintretendem Hochwasser wenigstens eine fernere Uferhöhlung hier zu verhindern. Demnächst sind die drei oben mit *I* bezeichneten Buhnen anzulegen, wodurch die nächste Verengerung aufgehoben wird, welche den Strom vorzugsweise in den linken Arm hineinwies. Eine plötzliche Umänderung des Bettes, welche der Schifffahrt nachtheilig werden könnte, ist hier noch nicht zu erwarten, wohl aber werden diese Bauten schon einigermaassen die Regulirung einleiten. Die dritte von diesen Buhnen könnte, wenn die beiden erstern sich gehörig wirken zeigen, schon viel leichter construirt werden, da sie später keine starken Angriffe ausgesetzt bleibt, und selbst die beiden andern einen solchen auch nur während der Dauer des Baues erwarten lassen.

Wenn die erwähnten Anlagen fertig sind, muss man den linken Arm schliessen: wollte man zu diesem Zwecke an

den *K* ausführen, so würde die vor dem Kopfe jeder entstehende Vertiefung den Zudrang des Wassers in den Armehren, man muss also mit der Coupirung *F* den Anfang

Dieselbe sperrt aber den bisherigen Schiffahrtsweg, und der andere Arm nicht hinreichende Wassertiefe hat, so muss sogleich die Ausbaggerung einer Rinne *L M* durch die Sandbänke vorgenommen werden, und man kann das hierbei gewonnene Material sogleich sehr vortheilhaft beim Bau der Coupirung und der Buhnen verwenden, falls es sich hierzu überhaupt eignet. Die Coupirung muss so hoch gehalten werden, dass sie den Zudrang des Wassers und sonach die Strömung in diesem Arme so lange die Buhnen das Wasser abweisen. Man wird auch in ihrer Mitte eben so hoch halten, wie der Kopf der Insel liegt, vorausgesetzt, dass diese wie gewöhnlich einen markirten Kopf haben. Nunmehr bildet sich eine viel stärkere Strömung durch den rechtsseitigen Arm und um diese gehörig hineinzuhalten, muss man eilen, die Buhnen *K* zur Ausführung zu bringen.

Ist dieses aber geschehn, so muss man zusehn, ob der Zudrang zunächst unterhalb der Insel sich mehr nach dem rechten, als dem linken Ufer wendet, und hiervon hängt es ab, ob man die Buhnen *G* oder die gegenüberliegenden *N* erbaut. Die Buhnen *G* und *N* können am spätesten zur Ausführung kommen. Wenn man dagegen keine Aussicht hat, den Bau in einem Jahre zu beendigen, so wird für das vorliegende Beispiel die Reihenfolge der Arbeiten ziemlich unverändert bleiben. Die Deckung des nördlichen Ufers, die Beseitigung des Weidengesträuches und der vortretenden Theile der Insel und die Coupirung, muss im ersten Jahre zur Ausführung kommen, weil ohne diese übrigen Anlagen ganz erfolglos bleiben und sogar nachtheilig sein würden. Auch die Erbauung der Buhnen *I* kann sehr dazu beitragen, dass die Verhältnisse sich schon während des ersten Hochwassers günstiger ausbilden. Man kann in diesem Falle auf die Erhöhung des Bettes in dem abzuleitenden Arme weit vortheilhafter hinwirken, wenn man die Buhnen zunächst niedriger hält, und ihr erst im folgenden Jahre die volle Höhe giebt. Sobald man indessen die Coupirung ausführt, muss auch die Rinne ausgebaggert werden, damit die Strömung keine Unterbrechung leidet: dabei kann es allerdings

geschehn, dass diese Rinne durch das Hochwasser wieder
 worfen wird, und man sonach im nächsten Jahre gezwungen
 sie aufs Neue zu eröffnen.

Das Vorstehende bezieht sich nur auf die ersten und
 wichtigsten Anlagen, die bei einer Regulirung vorkommen; die
 ständigen Darstellung der Ufer sind jedesmal noch
 Nebenarbeiten erforderlich, die indessen theils an sich
 deutender sind, theils aber, indem sie von zufälligen Um-
 ständen abhängen, nicht speciell im ersten Entwurfe aufgenommen
 können. Der ausführende Baumeister wird also jedesmal
 einzelnen Baustellen sehr aufmerksam bleiben und so oft
 Gelegenheit dazu sich darbietet, die erforderlichen Vorke-
 treffen müssen, um den ganzen beabsichtigten Erfolg
 schnell herbeizuführen. Aber schon während der Ausführung
 Hauptwerke geben sich oft Umstände zu erkennen, die
 vorhersehbar konnte. Hierher gehört nicht nur die Ver-
 änderung des Bettes, welche vielleicht in der Zwischenzeit eingetre-
 ten, sondern auch die Wirkung, welche die ersten Buhnen
 bei ihrer Ausführung auf den Strom zeigen. In dem Be-
 bilde, welches die Figur darstellt, ist die Entfernung der Buhnen
 einander geringer angenommen, als sie gewöhnlich zu sein
 man darf also in diesem Falle nicht besorgen, dass man
 andere Buhnen dazwischen legen müsse. In der Wirk-
 lichkeit kommt dieser Fall nicht selten vor, und die Nothwendigkeit
 Vermehrung der Buhnen lässt sich zuweilen schon wäh-
 rend der Ausführung des Baues erkennen, während sie sich in den
 Fällen erst später mit Sicherheit herausstellt. Im Allge-
 meinen darf man wohl annehmen, dass das Project sich nach ein-
 zigen und vollständigen Stromcharte und nach den sonst
 demselben Strome gemachten Erfahrungen sicherer beurtheilen
 als nach den Erscheinungen, die während des Baues vorkom-
 men, insofern die letzteren zu sehr durch die Verhältnisse bedingt
 sind, die zur Zeit gerade stattfinden, und die sich häufig
 verändern. Aus diesem Grunde ist es auch gewiss zweck-
 mäßig, dass man das Project, soweit es ohne Unterbrechung
 der Ausführung kommen soll, vollständig ausarbeitet, mit
 genauer Bezeichnung der Stelle, Richtung und Länge aller einzelnen
 Werke, und bei der Ausführung ganz genau hiernach verfährt. Nur

Störung der Schifffahrt zu besorgen ist, wird eine alsbaldige Hülfe dringend nöthig: es kommt nämlich zuweilen vor, dass vor den Köpfen der Buhnen oder zwischen zwei Buhnenmale und unregelmässige Rinnen bilden, und zur Seite derselben sehr hohe Bänke sich ablagern, so dass die Schiffer nicht durchfahren können. Dieser Uebelstand pflegt zwar beim höhern Wasserstande wieder zu verschwinden, aber da man es solchen nicht abwarten darf, so muss man in diesem Falle andere Anlagen ausführen, die im Projecte nicht vorgesehen sind. Dahin gehört besonders die Aufräumung des Bettes, auch die Erbauung leichter Zwischenwerke, und besonders wirksam in solchem Falle Flügel oder kurze Parallelwerke zu sein, die man von den Buhnenköpfen stromabwärts zieht. Die Nothwendigkeit solcher nachträglichen Ausführungen tritt indessen nur selten ein, besonders wenn man bereits einige Erfahrungen an solchen Ströme gesammelt hat, und die Localverhältnisse, wie beim Beginne des Baues stattfinden, im Projecte gehörig berücksichtigt waren.

Anders verhält es sich mit denjenigen kleineren Anlagen, die behufs der gleichmässigen Ablagerung des Materials später nöthig werden. Sie kommen erst zur Ausführung, sobald die Verflächungen in dem abgeschlossenen Theile des Stromes sich zeigen, welche verbreitet und erhöht und besonders an dem Ufer angeschlossen werden müssen. Am nöthigsten ist es, die Rinnen zu schliessen, welche zwischen diesen Verflächungen und dem Ufer oder den Buhnen noch offen bleiben, welche jedesmal zeigen, dass daselbst eine stärkere Strömung durchgeht. Um diese Strömung zu unterbrechen und die Ablagerung des Materials zu veranlassen, muss man wieder in ähnlicher Weise, wie beim Absperrn ganzer Flussarme verfahren. Dies geschieht, wenn die Tiefe bedeutend ist, durch Werke, welche in ihrer Constructionsart mit den Buhnen übereinstimmen, wohl man die Dimensionen in diesem Falle gemeinhin viel geringer annimmt. Wenn indessen das System der Hauptregulirungswerke gehörig angeordnet war, so pflegt die Ablagerung des Materials schon von selbst ziemlich gleichmässig zu erfolgen, dass die Rinnen nur geringe Tiefe behalten und sich daher wohlfeiler und zugleich auch wirksamer durch Flechtzäune

schliessen lassen. Am meisten wird die Verlandung durch die Anpflanzen von Stranch befördert, und man pflegt daher solches sogleich vorzunehmen und es immer möglichst weit auszudehnen, sobald der Grund nur die erforderliche Höhe erreicht hat. Man geht indessen mit diesen Pflanzungen oft weiter, als es nützlich ist. Es ist schon oben bemerkt worden, dass der Strom die stärkste Verlandung immer in der unmittelbaren Nähe seiner Ufer zu erzeugen pflegt. Dasselbe geschieht auch in dem Falle; die neuen Ufer bilden sich unmittelbar neben dem Strom in grosser Höhe aus, während der dahinter liegende Theil des ehemaligen Strombettes vielleicht noch gar nicht trocken geworden ist, und eine heftige Strömung sich noch bei jedem Hochwasser darin einstellt. Wenn das Letzte der Fall ist, so pflegt eine regelmässige Anordnung oder eine unvollständige Unterhaltung der Buhnen daran Schuld zu sein, aber jedenfalls muss man, sobald die Verlandung stellenweise schon über Wasser liegt, darauf wirken, dass das fernere Aufwachsen des Bodens möglichst gleichmässig erfolge. Um dasselbe an den tiefen Stellen zu befördern, darf die Verlandung an den höhern Stellen nicht schnell vorschreiten. Wenn die letztern dem Strome des Wassers zu den noch bleibenden Vertiefungen abschliessen, so kann keine weitere Verlandung in diesen erfolgen, weil das Wasser sobald es nur durch ausgedehnte Buschpflanzungen hindurch kann, schon durch diese in seiner Bewegung so sehr gehindert wird, dass es nicht nur die gröbern Stoffe, sondern auch Kies und Sand vorher fallen lässt. Man muss sonach bei Anführung der Flechtzäune und Pflanzungen immer darauf Rücksicht nehmen, dass zur Zeit des höhern Wasserstandes offene Verbindungen zwischen dem Strome und den zu verlandenden Stellen bleiben und zwar ist es nothwendig, dass diese Verbindungen sogar doppelt sind, damit das Wasser nicht nur bei jeder Anschwellung einmal das Bassin anfüllt, sondern dauernd hindurchströmt und sonach ununterbrochen die schwereren Stoffe darin absetzt. Der Erfolg, den man herbeiführen will, ist nichts anderes, als eine Colmation, und die oben (Theil I. §. 29) dafür angegebenen Regeln finden auch hier ihre Anwendung. Es darf kaum erwähnt werden, dass wenn der Anwuchs des Stranches sich so abdehnt und eine solche Erhöhung des Bodens neben dem Stro-

ragt haben sollte, dass dadurch die Colmation der dahinter liegenden Stellen verhindert wird, man nicht nur das Strauch teilweise beseitigen, sondern vielleicht auch Gräben durch die eben Verlandungen hindurchziehen muss. Dabei kommt es aber nur darauf an, den hintern Theil des Ufers eben so hoch zu halten, wie derjenige unmittelbar neben dem Strome es ist, denn jener muss sogar noch höher sein, damit das flach gebaute Ufer sich regelmässig darstellt. In dieser Beziehung ist durchaus nicht rathsam, die Verlandungen zunächst dem Strome zu anfangs möglichst zu befördern, dieselben lassen sich ohne zu auch später noch darstellen, wogegen die Erhöhung der am Uferstrecken viel schwieriger wird, wenn jene sich schon vollständig ausgebildet haben. Die Strauchpflanzungen pflegt man nur so lange zu erhalten, bis der Boden für die Grasnarbe hoch genug angewachsen ist. Die letztere giebt nicht einen grössern Ertrag, sondern sie pflegt auch die starken unregelmässigen Sandablagerungen zu verhindern, welche das den Strauch immer erzeugt.

Bisher ist vorausgesetzt worden, dass das Gefälle auf längere Strecken vertheilt werden darf, und die Beibehaltung eines starken Gefälles auf einer bestimmten Stelle nicht erforderlich. Bei Gebirgsströmen giebt man sich jedoch häufig gegen, den Wasserstand oberhalb der zu corrigirenden Strecke einer vollen Höhe zu erhalten, oder ihn wohl gar noch mehr zu erheben, um nicht etwa andere Schiffahrtshindernisse wegen geringer Fahrtiefe zu erzeugen, welche eben so nachtheilig wären, als diejenigen, die man beseitigen will. Wenn nicht durch Wehre das Gefälle schon stark concentrirt ist, so werden daneben besondere Anlagen zur Ausführung kommen, welche das Uebergehn der Schiffe aus dem einen Wasserspiegel in den andern möglich machen. Dieses sind entweder Schiffstauen, oder Schiffsdurchlässe. Von beiden soll später die Rede sein. Hier sind nur diejenigen Vorrichtungen zu erwähnen, welche den Strom etwas aufstauen, ohne ihn zu sperren.

Der Stau wird erzeugt durch Beschränkung des Profles, zwar muss diese, wenn man nicht einen plötzlichen Wasserfall bilden will, auf eine grössere Länge ausgedehnt werden. Vermehrung des relativen Gefälles verursacht einen verstärkten

Angriff auf das Bette und die Ufer. Letztere werden durch Einbaue oder Parallelwerke gebildet, man kann ihnen daher erforderliche Widerstandsfähigkeit geben. Das Bette dagegen muss an sich fest sein: es muss also entweder aus sehr schwerem Geschiebe oder aus gewachsenem Felsboden bestehen. Nur in seltenen Fällen ist es versucht worden, einen leichten Boden mittelst durchgelegter Steinschwellen vor Vertiefung zu sichern. Wenn man auf leichtem Sandgrunde ohne diese Vorsicht die starke Einschränkung anwenden wollte, so würde in gleicher Weise, wie bei der gewöhnlichen Stromregulirung, eine starke Vertiefung eintreten, welche den Abfluss des Wassers wieder befördert, und dadurch den Zweck der Anlage vereitelt.

Es entsteht zunächst die Frage, welches Gefälle man eine grosse Unbequemlichkeit oder Gefahr für die Schifffahrt einführen darf. Auf Strömen, welche noch nicht regulirt waren, habe ich mehrfach gefunden, dass die Schifffahrt noch keine Unterbrechung fand, wenn das relative Gefälle auch stellenweise 1:100 und selbst 1:500 war. Es muss alsdann aber die Fahrtrasse sehr gerade sein, damit das Schiff beim Herabtreiben leicht gehalten werden kann, und bei der Bergfahrt tritt die Nothwendigkeit ein, die Schiffszüge zu trennen, und die Fahrzeuge einzeln mittelst des ganzen Vorspannes hindurchzuziehen, oder wenn die Schiffe überhaupt schon einzeln fahren, so wartet das ankommende Schiff unterhalb der Stromschnelle auf ein folgendes, während das andere auf gleiche Weise ihm später folgt. Ohne Zweifel verursacht dieses einen Aufenthalt von mehreren Stunden, und derselbe kann sich noch weit länger ausdehnen, wenn das zweite Schiff nicht sobald nachfolgt. Bei der Regulirung der Ströme müssen solche ungünstige Verhältnisse wo möglich beseitigt werden. Bei einem relativen Gefälle von 1:800 fahren die Schiffe schon mit einfachem Vorspann herauf, doch darf die Stromschnelle nicht gar zu lang sein, weil die Pferde sonst wegen der grossen Anstrengung ermüden. Auf eine geringe Länge von etwa 100 Ruthen veranlasst indessen bei dieser Neigung der Zug noch keine besondere Unbequemlichkeit, und es ist nur Bedingung, dass überall die erforderliche Wassertiefe vorhanden, und der Fahrweg nicht scharf gekrümmt sei. Wenn man bei Entfernung solchen Projectes die erforderliche Breite für das Fahr-

Die Einschränkung berechnen will, so ist die mittlere Tiefe, relative Gefälle und die Wassermenge zur Zeit des kleinsten Wassers bekannt, es fragt sich aber, ob bei einer so starken Senkung noch die Bewegung des Wassers als gleichförmig anzunehmen sei und ob man nicht vielmehr eine starke Beschleunigung annehmen müsse. Eine solche würde sich durch eine eben merkliche Verkleinerung der Profile von oben nach unten zu erkennen geben, die ich bei solchen Stromschnellen indessen nicht bemerkt habe. Es steht also der Benutzung jener allgemeinen Formel auch in diesem Falle nichts im Wege, nur ist es zweifelhaft, ob der constante Faktor noch ungefähr eben so gross ausfällt, wie er für sanftere Strömungen gefunden wurde. Genaue Versuchsungen hierüber haben ihre grosse Schwierigkeit, weil bei solchen Stromschnellen das Bett sehr unregelmässig sich auszubilden pflegt: aus manchen beiläufigen Messungen, die hierüberestellt sind, ergibt es sich aber, dass k sehr viel kleiner, früher ist, und bis auf die Zahl 60 oder 50 herabzusinken pflegt. Der Grund davon liegt offenbar in den sehr verstärkten und unregelmässigen Bewegungen, die sich auch durch eine auffallende Unebenheit des Wasserspiegels zu erkennen geben.

Die Einschränkung kann entweder durch Parallelwerke oder durch Einbaue bewirkt werden: die erstern sind für den Betrieb der Schiffahrt weit vortheilhafter, als die letztern, und dies nicht nur deshalb, weil sie beim Herabgehn das Schiff nicht der Gefahr aussetzen, auf die Köpfe der Buhnen aufzusitzen, sondern weil sie auch das Gefälle gleichmässiger vertheilen und die Bildung einzelner Wasserstürze verhindern. Hierbei kommt noch ein wesentlicher Umstand in Betracht, der einen ganz andern Vorzug der Parallelwerke bedingt. Die Buhnen, welche in diesem Falle Rauschbuhnen sein würden, müssten nämlich auf beiden Seiten einander gerade gegenüberstehn, weil sonst ein ganz unregelmässiges Fahrwasser gebildet wird, welches von den Köpfen der Werke herun sich von einer Seite nach der andern schlängelt. Es kann allerdings auch der Fall vorkommen, dass das Fahrwasser längs dem einen Ufer sich hinzieht, und die Buhnen nur auf der andern Seite liegen. Die Schwierigkeit, von der hier die Rede ist, wird dadurch aber keineswegs beseitigt, das starke Gefälle sich wieder vor den Köpfen der Buhnen

concentrirt. Man bemerkt vor den Köpfen der Rauschbuhnen auch jedesmal den Wassersturz, während die zwischenliegenden Stromstrecken fast horizontal sind. Wenn sie den beabsichtigten Effect herbeiführen sollen, so müssen sie soweit in den Strom treten, dass das offene Profil zwischen ihnen schon in ziemlich kleinen Verhältnissen zum Profil des eingetauchten Theils des Schiffes steht. Wenn also ein Schiff, welches stromaufwärts gezogen wird, sich zwischen den Rauschbuhnen befindet, so ist vor den Köpfen derselben das Profil noch mehr beschränkt, dadurch entsteht wieder ein vermehrter Stau vor dem Schiff. Man kann sich hiervon durch den Augenschein leicht überzeugen, so bemerkte ich an der Lippe in der Nähe der Rauschbuhnen Haltern, wo Anlagen dieser Art ausgeführt sind, dass der Wasserspiegel oberhalb derjenigen Buhnen, bei welcher das Schiff gerade vorbeiging, sich jedesmal etwa um 3 Zoll hob. Sobald das Schiff aber das verengte Profil verlassen hat, die Öffnung wieder frei wird, so fliesst auch sogleich das Wasser stärker ab und der Wasserspiegel senkt sich wieder. Das Schiff gewinnt also nicht die ganze Höhe, auf welche es beim Vorübergehn vor den Buhnenköpfen wirklich gehoben werden muss, sondern es fällt unmittelbar darauf wieder hernab, und diese rasche Steigung, welche einen übermässigen Kraftaufwand der Leinwand in Anspruch nimmt, wiederholt sich vor allen Buhnenköpfen. Parallelwerken bildet sich freilich auch an derjenigen Stelle, wo das Schiff sich gerade befindet, jedesmal ein stärkeres Gefälle, indem das Schiff ähnlich einem Kolben das Wasser vor sich herdrückt, nichts desto weniger kommen hier keine verlorne Steigungen vor, und die Höhe, die das Schiff genommen hat, behält es. Ausserdem ist das Gefälle zur Seite eines Parallelwerkes auf einzelnen Stellen concentrirt, und sonach fehlt hier der allmässige Widerstand, den das Schiff vor den Köpfen der Buhnen erleidet.

Liegt die Stromschnelle in einer gekrümmten Strecke, so muss man mit Vermeidung aller scharfen Biegungen die concaven Seite entweder eine Uferdeckung, oder ein Parallelwerk ausführen, weil hier die Buhnenköpfe für die Schifffahrt gefährlich sein würden. Bei dem niedrigen Wasserstande wird die Krone des Parallelwerkes nicht erreicht, fahren die

enselben, wenn es auch mit Steinen gedeckt ist, sehr sicher ohne aufgetrieben zu werden. Bei höherem Wasserstande, der Strom das Werk überfluthet, und das Schiff, indem es Richtung seiner Bewegung folgt, drauf hingetrieben wird, die Gefahr sehr gross werden, wenn nicht in diesem Falle eine starke Ausgleichung des Gefälles sich zu zeigen, wodurch die Strömung, wenn sie auch im Allgemeinen gut, doch gerade hier schwächer wird. In der nächstfolgenden Strecke, also unmittelbar unterhalb der Stromschnelle, hebt nämlich der Wasserspiegel wegen der grössern Wassermenge; als findet diese Erhebung in weit geringerm Maasse statt, der Abfluss daselbst durch das stärkere Gefälle erleichtert.

Die Nivaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser wird hier, wie bei einem Wehre, um so geringer, je stärker der Anschwilt. In gleichem Maasse vermindert sich auch das Uebel, wodurch wieder die Geschwindigkeit bedingt ist. Auf diese Art gewährt also ein Parallelwerk vor dem concaven Ufer einer Stromschnelle bei kleinem Wasser der Schifffahrt volle Sicherheit und es pflegt auch bei höherem Wasser nicht gefährlich zu werden. Bei dieser Anordnung kommt aber noch der schon erwähnte Umstand in Betracht, dass in den Flusskrümmungen die Geschwindigkeit unter übrigens gleichen Umständen geringer ist, als in geraden Strecken, und sonach zur Zeit der stärksten Strömung, also bei kleinem Wasser das Herauffahren erleichtert, das Herabfahren weniger gefährlich wird. Das Herauffahren aber ausserdem auch noch einige Erleichterung, wenn der Wind am concaven Ufer sich befindet und sonach der Zug demselben sich der Richtung des Schiffes nähert. Diese Vortheile kann man indessen nicht durch kurze und scharfe Krümmungen erreichen suchen, weil alsdann die Gefahr zu gross wird.

Ueber die Anordnung der Parallelwerke ist schon früher das Nöthige mitgetheilt worden. Von den Rauschbuhnen gilt ungefähr daselbe, was über die Buhnen im Allgemeinen gesagt ist. Bei diesen muss man bemüht sein, die verbauten Theile des Stromes zur Verlandung zu bringen, und in dieser Beziehung nicht die Werke selbst, sondern auch die spätern Anlagen und Anlagen so anordnen, dass dieser Zweck möglichst vollständig und schnell erreicht wird.

Nachdem ich im Vorstehenden die Regeln bezeichnet habe, die bei der Stromregulirung zu befolgen sind, will ich hierher gehörige Beispiele von der Weser und Mosel anführen.

Fig. 89 auf Taf. XXXIV. zeigt eine Stromstrecke, in früherer Zeit der Schifffahrt sehr hinderlich war: das Wasser zog sich vor der Mündung des Baches hart an das Ufer, und von hier trat wieder eine Sandbank weit in den Fluss hinein, während wegen der grossen Verbreitung die nöthigen Vertiefungen fast überall nicht vorhanden war. Durch einige ältere Werke, die vor dem Bache zwar Verlandung erzeugte, aber desselben auch sehr unregelmässig gemacht hatten, war der Fluss wenig gehoben, während vier Bühnen am linken Ufer, die in der Zeichnung durch die Schraffirung markirt sind, nur den Zweck hatten, dass sie den ferneren Uferabbruch verhinderten. Die in den Linien angegebenen Werke bezeichnen die vor wenig Jahren geführten Anlagen, und zwar sind die Bühnen durch doppelte Linien, die Schlickzäune durch einfache Linien dargestellt. Die Werke mussten an den Stellen ausschliesslich gewählt werden, wo eine grössere Tiefe und ein harter Stromanfall stattfand; was aber nicht der Fall war, wechseln sie mit den Zäunen. Alle Werke sind inclinant, mit Ausschluss desjenigen, welches vor dem Bache liegt. Dieses ist declinant, um die Mündung offen zu erhalten, und es ist etwas heraufgerückt, damit diese Mündung sich noch regelmässiger ausbilden konnte. Die in der Figur angegebenen Tiefenlinien, die sich auf den gewöhnlichen niedrigen Wasserstand beziehen, stellen die Resultate der Ausführung der Regulirung dar, die Schifffahrtsrinne ist also im Zusammenhange und ziemlich in gerader Linie entstanden. Es scheint indessen, dass die Einschränkung noch nicht genügt hat, um dieser Rinne die erforderliche Breite zu geben; doch lässt sich dieses noch nicht ganz sicher beurtheilen, da auf dieser Baustelle die Veränderungen des Bettes besonders rasch vor sich gegangen sind und dieselben noch nicht aufgehört haben. Jedenfalls steht es aber zu erwarten, dass die Vertheilung zwischen den Bühnen den günstigen Erfolg auf das Bett verstärken werden.

Fig. 90 a ist eine zwar sehr scharfe, aber doch regelnde Stromstrecke, die Fahrtriefe war in dieser Stelle durchaus ge-

Die Schiffe fanden hier überhaupt kein wesentliches Hinderniß, wenn gleich die starke Strömung besonders vor einzelnen die Bergfahrt erschwerte. Eine Regulirung war nur insofern erforderlich, als die Ufer hart angegriffen wurden und eben den von einander weit entfernten Buhnen fortwährend starker Abbruch sich zeigte. Es hat sich hier der Fall ereignet, der bei kurzen und weit entfernten Buhnen nicht selten vorkommt, nämlich beim Zurückweichen des Ufers ein Durchbrechen an den Wurzeln der Werke besorgt werden muss, und es hier Verstärkungen vorgenommen werden, wodurch nach und nach die Buhnen sich rückwärts verlängern. Fig. 90 b zeigt die Stromstrecke mit denjenigen Anlagen, welche zur vollständigen Deckung des Ufers ausgeführt sind. Die alten Buhnen zu heibehalten und andere noch dazwischen gelegt, ausserdem wurde das Ufer flach abgehöcht und bepflanzt. Die beiden Ufer stimmen nicht ganz überein, indem die erstere sich auf viel frühere Aufnahme bezieht und nach derselben vielfache Krümmungen eingetreten waren, bevor man die Anzahl der Buhnen vermehrte. Das Ufer war im Allgemeinen bedeutend zurückgegangen, und die ursprünglichen Buhnenköpfe hatte der Strom zertrümmert, während man Kronen und Wurzeln der Buhnen nicht erhalten, sondern auch landeinwärts verlängert hatte.

Unfern der eben beschriebenen Stelle liegt in demselben Fluss eine andere Krümmung, welche viel unregelmässiger war und die Schifffahrt wesentlich erschwerte. Sie ist in Fig. 91 dargestellt. Ihre schlechte Beschaffenheit rührte ohne Zweifel von der niedrigen Lage des linken Ufers her, das vom Hochwasser überströmt wird. Ausserdem aber waren die Buhnen, welche Fig. 91 a zeigt, theils zu weit von einander entfernt, theils auch unregelmässig angeordnet, als dass sie einen gehörigen Stromhalten darstellen können. Zu Zeiten und namentlich nach hohen Fluthen erstreckten sich vom linken Ufer aus Sandbänke bis in die Mitte des Bettes und sogar noch weiter gegen das rechte Ufer hin, so dass die Schiffe bei der Thalfahrt gar nicht in dem schmalen und gekrümmten Fahrwasser erhalten werden konnten: besonders wenn der Wind etwas stark war, so war es fast unmöglich, sie so zu führen, dass sie weder auf die Sandbänke, noch auf die Buhnen aufliefen. Es geschah daher

gewöhnlich, dass man oberhalb der Krümmung das Anker warf, hierauf das Schiff drehte und es langsam am Tau her treiben liess. Bei heftigem Winde war aber auch dieses Verfahren erfolglos, und es blieb nichts übrig, als abzuwarten, bis der Wind sich gelegt, oder seine Richtung so verändert hatte, dass die Fahrt sicher geschehn konnte. Dazu kam noch, dass die wenigen Buhnen das Ufer nur sehr unvollständig schützten. Der Abbruch derselben nahm fortwährend zu, wodurch die Buhnen in Gefahr kamen, eine noch grössere Verwilderung zu erwarten stand. Die Regulirung, welche hier vorgenommen wurde, ist in Fig. 91 b dargestellt: sie bezog sich nur auf das rechte Ufer, woher auch die Gefahr dieses hier gezeichnet ist. Durch Anlage von drei neuen Buhnen und durch Verkürzung der einen schon bestehenden, wurde die obere Bucht gehörig verbaut. Der untere Theil des rechten Ufers liess durch Buhnen keine vollständige Regulirung erwarten, indem das Hochwasser vom linken Ufer her so stark darüberschrömte, dass hier weder eine Verlandung entstehen, noch das Ufer der Gefahr des fernern Abbruchs auf diese Art entzogen werden konnte. Man hätte die Buhnen wenigstens mehr zusammen ziehen einander erbauen müssen, wenn sie einen Erfolg versprochen sollten, und hierdurch würden die Kosten des Baues sich eben so hoch gestellt haben, als wenn man unmittelbar eine zusammenhängende Uferdeckung ausführte. Aus diesen Gründen wählte man das Letzte. Das Ufer wurde regulirt, die alten Buhnen fortgebrochen, soweit sie vor der gewählten Uferlinie vortraten, und das 85 Ruthen lange Deckwerk wurde aus Faschinen mit einer Steindecke erbaut. Die Schifffahrt ist durch diese Anlage in allen Wasserständen vollständig gesichert: das Herablassen der Schiffe vor dem Ankertau hörte bei der Beseitigung der letzten Buhnen sogleich auf, und gleichzeitig ist dem Abbruch des Ufers begegnet worden. Nur ein Uebelstand ist noch geblieben, und dieser besteht in der starken und oft sehr unregelmässigen Sandablagerung, die vom linken Ufer aus noch immer weit vortreten pflegt, und theils das Fahrwasser beschränkt, theils aber auch die Strömung zur Zeit des kleinen Wassers verstärkt. Eine Begrenzung des linken Ufers durch Buhnen verspricht keine genügende Abhülfe, man müsste vielmehr darauf sorgen, dass das Ufer selbst sich erhöhte oder wenigstens

ge Seitenströmung über dasselbe zur Zeit des Hochwassers ändert würde.

Das nächste Beispiel, welches ich wähle, bezieht sich auf Fall, dass zwei entgegengesetzte Krümmungen sehr nahe neben oder liegen. Fig. 92 a auf Taf. XXXV. stellt das Strombett wie es zur Zeit der Ausführung der Bauten gestaltet war. Die linkseitigen Buhnen hatten bereits längere Zeit bestanden, wenn sie den Uferabbruch zwischen sich auch nicht vollständig verhinderten, so fanden die Schiffe doch hier kein Hindernis und das Fahrwasser war hinreichend tief und breit. Unter dieser Buhnen zeigte sich am linken Ufer ein sehr starker Hoch, und diesem gegenüber wie gewöhnlich eine weit vorstehende flache Kiesbank, welche an der Stelle, wo die linkseitige Krümmung in die rechtseitige überging, in eine Spitze auslief, diese sperrte den tiefen Stromschlauch, welcher vor Kurzem den ganzen Strom aufgenommen hatte und ein bequemes Fahrwasser gewesen war. Die Schiffe mussten demnach, wenn sie vorbeifahren, an der linken Seite bleiben, und dicht unterhalb der erwähnten Spitze, wo sich noch die grösste Tiefe vorfand, eine kurze Wendung nach dem rechten Ufer gebracht werden. In Folge der daselbst seit mehreren Jahren ausgeführten Buhnen wieder ein bequemes Fahrwasser. Die beschriebene Strecke gehört nicht in ihrer ganzen Ausdehnung zu demselben Staate, indem die Landesgrenze durch den Strom gebildet ist. Dieser Umstand ist in andern Fällen für Regulirungsarbeiten immer sehr störend, hier war dieses nicht der Fall, und es folgte sehr schnell eine Vereinigung über das ganze Regulirungsproject. Die linkseitigen Buhnen wurden in der Art, wie die Zeichnung sie darstellt, so weit fortgesetzt, dass sie eine glatte und flache Krümmung markirten. Vor dem rechten Ufer kamen diejenigen Anlagen zur Ausführung, welche das eigentliche Schiffahrtshindernis beseitigen sollten, und hierzu diente eine Reihe von inclinanten Werken, welche durch ihre Köpfe eine glatte Uferlinie von dem höhern Theile der Kiesbank ab bis zu den bereits ausgeführten Buhnen am untern Theile der Strecke darstellten. Diese Werke lagen beim kleinen Wasser theils ganz trocken, und sie wurden sehr leicht erbaut. Sie erfüllten ihren Zweck so vollständig, dass im nächsten Sommer

das Strombett vor ihnen diejenige Gestalt angenommen hatte, wie Fig. 92 b zeigt. Der alte Stromschlauch war vollständig zerbrochen und ein sehr regelmässiges Ufer hatte sich gebildet. Ein schmaler Rücken zog sich noch an der Stelle, wo früher die nachbedachte Untiefe gelegen hatte, durch das Bett hindurch, aber es war so niedrig, dass die Schifffahrt daselbst keine Behinderung und sogar keine Unbequemlichkeit mehr fand.

Fig. 93 zeigt eine Insel, die man schon vor langer Zeit durch das linke Ufer durch eine Coupirung angeschlossen hatte, so dass jedoch weder durch andere Anlagen die Verlandung des linken Armes befördert, noch auch die Verbreitung des Hauptarmes des Stromes oder das Ausroden des Weidenstrauches auf der Insel möglich gemacht wäre. Das Hochwasser strömte daher noch jedesmal heftig durch den rechten Arm, während das kleine Wasser in derselben Richtung der tiefen Rinne folgte, durch die Coupirung aber aufgehoben und plötzlich links gewendet wurde, wobei es das linke Ufer in heftigen Abbruch versetzte. Eine tiefe Bucht war hier entstanden, die man durch ein Parallelwerk sehr unregelmässig geschlossen hatte. Der Andrang an das linke Ufer war so stark und unmittelbar neben demselben die Strömung so heftig, dass von der Insel aus eine Kiesbank sich in den ohnehin schon sehr schmalen Arm noch weit hineinzog und hier eine ganz beispiellose Verengung erzeugte. Nichts desto weniger war das Fahrwasser ziemlich gerade, an Tiefe fehlte es auch nicht, und so war seitens der Schiffer nur über die starke Strömung Klage gemacht. Der Strom warf sich dicht unterhalb der Insel wieder an das rechte Ufer, und um dieses zu sichern, hatte man hier fünf Wehre sehr unregelmässig erbaut. Wenn diese Stelle auch kein wirkliches Schifffahrtshinderniss enthielt, so war sie doch sehr bedenklich, und ihre Regulirung war schon insofern nothwendig, als ein fortgesetzter Abbruch des linken Ufers nicht nur den Fahrpfad bedrohte, sondern ausserdem auch einen verstärkten Ueberschritt des Hochwassers besorgen liess. Der Strom wendet sich nämlich gleich unterhalb sehr stark nach der linken Seite, so dass nur das höhere Terrain unmittelbar neben dem Ufer verhindert, dass das starke Ueberströmen des Hochwassers, welches hier auf einem viel kürzeren Wege nach dem Scheitel der folgenden Serpente gelangen kann. Die vorgenommene Regulirung bezog sich da

!scharf gekrümmte linke Ufer durch Buhnen regelmässig zu
 men und durch andere Buhnen auch das rechte Ufer vor der
 l zur Verlandung zu bringen. Auf der Insel wurde nicht nur
 Weidenstrauch bis zu der punktirten Linie ausgerodet, son-
 die Insel selbst wurde, soweit sie Strombett werden sollte,
 zum niedrigen Wasserstande abgegraben, und das hier ge-
 nene Material in den alten Stromarm gestürzt. In letztern
 a man zur Beförderung der Verlandung noch eine Reihe von
 phtäunen. Diese Anlagen haben in sehr kurzer Zeit eine
 ständige Umgestaltung des Strombettes ganz in der gewünschten
 ins herbeigeführt, so dass nach einem Jahre die frühere Un-
 elmässigkeit ganz verschwunden war.

Die Stromstrecke, welche in Fig. 94 dargestellt ist, hatte
 übermässige Breite angenommen, und in Folge derselben sich
 h nur stark verflächt, sondern es trat daselbst auch der Uebel-
 nd ein, dass die Schiffe bei kleinem Wasser nicht mehr den
 seitigen Stromarm verfolgen konnten, sondern vielmehr ziemlich
 h am rechten Ufer fahren mussten und dadurch sehr weit von
 m Leinpfade entfernt wurden. Vor dem rechten Ufer lagen
 der Nähe der Mündung des Baches einige ältere Werke, welche
 a-Abbruch verhindern sollten, der sich hier stellenweise sehr
 pt zeigte. Die Anlagen, welche zur Beseitigung dieser Uebel-
 hde dienen sollten, bezogen sich eigentlich nur auf die Ein-
 ränkung des Bettes. Das concave Ufer musste eine regel-
 mässige Krümmung erhalten, und namentlich war es nothwendig,
 kurze und tiefe Bucht in demselben abzuschliessen. Dieses
 chah durch inclinante Buhnen, zwischen denen jedoch die eine
 der Mündung des Baches declinant angelegt wurde. Die
 seitige Uferlinie bestimmte sich alsdann nach der rechtseitigen.

Anschluss an die Insel, sowie auch das Ausroden des Weiden-
 üsches auf derselben war nothwendig, und eine lange Reihe
 . inclinanten Buhnen kam vor dem convexen Ufer zur Aus-
 rung, wodurch die eigentliche Beschränkung des Strombettes
 vorgebracht wurde. Da diese letzten Werke sämmtlich einem
 rken Angriffe nicht ausgesetzt waren, so konnten sie grossen-
 als sehr leicht erbaut werden. Zur Zeit der Ausführung der-
 eben trat ein niedriger Wasserstand ein, und dieser wurde benutzt,
 die Insel recht tief abzugraben, während das gewonnene
 Hagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

Material sogleich in den alten Stromarm verkarrt wurde. Die Arbeiten stellten sich dadurch bedeutend höher, als es gewesen wäre, aber dafür verschwand auch sogleich alle Besorgnis wegen eines starken Stromandranges an das linke Ufer, durften selbst diejenigen Werke, welche nach dem ursprünglichen Projecte in grösserer Tiefe angelegt werden sollten, nach der Tiefe des Schlauch verschüttet war, eine weit geringere Höhe überhaupt viel schwächere Dimensionen erhalten. Die Mehrkosten der Erdarbeit wurden dadurch vollständig ausgeglichen, man erreichte dabei noch den Vortheil, dass die Verhältnisse in der Leinenzugung sich sogleich viel günstiger gestalteten.

Fig. 95 auf Taf. XXXVI. zeigt eine Stromstrecke, welche bisher bei kleinem Wasser für die Schifffahrt sehr gefährlich war. Eine Felsenbank streicht hier durch das Bette und bildet zu jeder Zeit, wenn das Unterwasser sehr niedrig steht, eine starke Quersperre. Die in der Oberfläche des Felsens eingeschnittenen Rinnen sind nicht nur sehr unregelmässig, sondern es fehlt auch die erforderliche Tiefe, und ausserdem verhinderte die Felsenbank eine Strömung ein genaues Innehalten derselben. Daher geschah dass bei sehr kleinem Wasser die Schifffahrt hier ganz unterbrochen werden musste, und bei etwas höherem Wasserstand häufig Unglücksfälle vorkamen. Nach der Lage der Felsenbank vortretenden Klippen zog sich die tiefste Rinne, welche zum Durchfahren der Schiffe auch immer benutzt war, ziemlich schräg vom linken Ufer nach dem rechten herüber. Dadurch entstand ein heftiger Andrang des Wassers von der rechten Seite her, welche die Schiffe gegen das linke Ufer und die davor liegenden Werke trieb. Diesem Uebelstande, der besonders gefährlich war, konnte weder durch Einbaue, noch auch durch gehörige Verbreiterung der Rinne Regulirung dieser Rinne vorgebeugt werden. Nachdem man sich Ueberzeugung gewonnen hatte, dass der gewachsene Felsen am rechten flachen Ufer noch höher als im Strombette lag, so machte man sich sonach eine Verlegung des letztern oder ein Durchschneiden desselben zu günstigeren Verhältnissen erwarten liess, so machte man den Felsen damit, die bisherige Schifffahrtsrinne durch Aussprengen zu verbreitern und ihr die erforderliche Tiefe zu geben, während die Anlage von drei Buhnen am linken Ufer oberhalb der Felsenbank der Strom gehörig in diese Rinne hineingewiesen wurde.

Sperrungsarbeiten konnten indessen wegen der häufigen Ueberschneidungen, die sie durch die Schifffahrt erfuhren, nur sehr langsam fortschreiten, und sonach blieb diese Stelle weit hinter den übrigen Regulierungsarbeiten an demselben Strome zurück. Der Umstand gab die nächste Veranlassung, andere Maassregeln zu ergreifen, wodurch eine schleunige Abhülfe möglich wurde. Es kam aber noch die Erfahrung, dass die bereits erwähnte Ueberschneidung das Herabfahren der Schiffe immer sehr gefährlich machen würde, so lange das linke Ufer nicht bis zur Rinne hin gleichmässig ausgebildet worden wäre. Hiernach wurde das Project in dieser Art entworfen, wie die Zeichnung es darstellt. Die Fahr- und Abfahrtswege wurden an ihrer linken Seite, soweit diese concav ist, durch ein Parallelwerk mit gehörigen Anschlüssen an das Ufer eingefasst. Zudem aber musste das hier stattfindende sehr starke Gefälle durch eine stromabwärts fortgesetzte Einschränkung auf eine bestimmte Länge vertheilt, und dadurch das relative Gefälle und auch die Strömung gemässigt werden. Das Gefälle beträgt in einem Wasser etwa 2½ Fuss, und dieses lag früher in einer Rinne, die nur etwa 100 Ruthen lang war. Seit der Ausführung dieses Baues hat dasselbe sich beinahe auf die doppelte Länge hin gleichmässig vertheilt. Die untern Buhnen sind in diesem Sinne nichts anderes, als Rauschbuhnen, und es war eine nachträgliche Vertiefung des Bettes zwischen denselben zu besorgen. Solche ist bis jetzt noch nicht erfolgt, weil der Boden aus festen Ablagerung von sehr grobem Kiese besteht, nichts weniger sind die Vorkehrungen dazu bereits getroffen, dass man gleich mehrere Steinschwellen durch das Bette legen kann, so dass dasselbe sich soweit vertieft haben wird, dass die Anlage von Werken ohne Störung der Schifffahrt möglich ist. Bei Aufstellung des Projectes war man von der Absicht ausgegangen, die Einschränkung nur unterhalb der Felsbank eintreten zu lassen, so dass dem Unterwasser des natürlichen Wehrs Stau hervorzutreten, das Oberwasser desselben dagegen möglichst in weitem Räume zu erhalten, damit die Strömung hier gering bleibt, und die Kugelpferde, sobald sie das Schiff über die Felsen gezogen haben, nur wenig angestrengt werden dürfen. Zu diesem Zweck sind die rechtseitigen Buhnen, welche die Zeichnung darstellt, bis jetzt nicht so vollständig zur Ausführung gekommen, und

namentlich fehlten diejenigen, welche dem Parallelwerk gegenüber liegen. Es hat sich indessen in Folge dieser Unterbrechung des Buhnen-Systems eine starke Strömung vor dem rechten Ufer gezeigt, welche gegen das untere Ende des Parallelwerkes in die Fahrrinne trat, und namentlich bei etwas höherem Wasserstande die Schiffe gegen die Buhnenköpfe trieb. Dieser Umstand veranlassung, dass das Buhnensystem auch vor dem rechten Ufer vervollständigt werden musste. Durch den beschriebenen Bau ist die sonst stattfindende Gefahr und Beschwerlichkeit dieser Stelle beseitigt, obgleich die Aussprengung der Rinne noch nicht beendigt ist. Die Schiffe fahren bei kleinem Wasser sehr leicht und sogar bequem herab, indem der Strom selbst sie in das Wasser hineinweist, und auch bei höherem Wasserstande das Parallelwerk und die Köpfe der Anschlusswerke und die Buhnenköpfe einen halben Fuss hoch unter Wasser lagen, zeigte ein Boot, dass ein Nachen ohne alle äussere Beihülfe schon durch den Strom in der Rinne gehalten wurde, und ohne irgendwo den Ufer zu nahe zu kommen in dem eigentlichen Fahrwasser herabfuhr. Bei der Bergfahrt verursacht die starke Strömung allerdings einen heftigen Widerstand, und die Zugpferde müssen weit mehr auf den andern bereits regulirten Stellen desselben Stromes gestrengt werden, nichts desto weniger haben sich die Verhältnisse doch auch in dieser Beziehung wesentlich verbessert, denn der Strom ist jetzt viel weniger scharf, als er es früher war. Endlich hierbei noch erwähnt werden, dass für das Parallelwerk eine solche Constructionsart gewählt worden ist, und vorläufig wohl gewählt werden musste, welche bei einem etwaigen Stossen der Schiffe für diese keine Gefahr besorgen lässt. Das Werk besteht nämlich aus Faschinen, und zwar hat es eine Seite, welche der Fahrrinne zugekehrt ist, eine sehr steile Ab- und Umrückung erhalten, indem die Stützenden der Faschinen nach aussen gekehrt sind. Auf der Krone ist ein Steinpflaster angebracht, doch kann dasselbe die Beschädigungen an der äussern Seite verhindern, und so muss man wohl darauf gefasst sein, dass vielfache Reparaturen zur Erhaltung dieses Baues erforderlich werden. Es steht indessen zu erwarten, dass der abgesehene Theil des Strombettes hinter dem Parallelwerke mit der Zeit zur Verlandung kommen wird, und sobald dieses geschehn ist,

ne höhere und vollständiger gesicherte Einfassung hier
ren, bei welcher man nach den bereits gemachten Er-
n kein Aufstossen der Schiffe mehr besorgen darf, wenn
mit der für ihre Erhaltung nothwendigen Dossirung
wird.

den starken Materialablagerungen vor den Mündungen
ne und Nebenflüsse ist schon früher die Rede gewesen.
zeigt ein auffallendes Beispiel dieser Art. Im rechten
ndet hier ein Bach, der mit sehr starkem Gefälle aus dem
in das Stromthal tritt: alles schwerere Geschiebe, welches
ich führte, warf er unmittelbar vor seiner Mündung nieder,
ngte den Strom so weit an das andere Ufer, dass hier
er der Thalrand ganz verschwunden war und der Fuss
ten Ufers unmittelbar das Strombett begrenzte, sondern
m war das Bett auch durch die von der andern Seite
ule Kiesbank so sehr beengt, dass eine sehr heftige Strom-
sich bei kleinem Wasser hier bildete, welche für die
t sehr beschwerlich und für die Thalfahrt nicht ganz
war. Demnächst mache ich noch darauf aufmerksam,
die Mündung des Baches bei kleinem Wasser strom-
gerichtet war, indem das Geschiebe, das vorzugeweise
m Wasserstande herabkommt, auf der untern Seite oder
Richtung der alsdann antfließenden Strömung sich vor-
e ablagert. Bei Regulirung dieser Stelle kam es besonders
m, dem Bache eine gehörige Mündung zu geben, damit
geschiebe, sobald es in das Strombett tritt, sogleich vom
gefasst und fortgeführt wird. Zu diesem Zwecke wurde
te stromabwärts gekehrte Bachbett eröffnet, und das aus
en ausgehobene schwere Material zur Bildung eines Dammes
der ein Separationswerk zwischen dem Strom und Bach
Gewöhnlich muss ein solches Werk mit schweren Steinen
g abgepflastert werden, damit es nicht leicht durchbrochen
kann. Auf der andern Seite des Stromes wurde die Bucht
inige Bahnen verbaut, und diese veranlassten sehr bald
arken Angriff der Kiesbank, so dass das Strombett in kurzer
h ansehnlich verbreitete und die heftige Strömung aufhörte.
lich habe ich in Fig. 97 noch eine Stromstrecke dar-
in welcher die Regulirung nicht sowohl vollständig durch-

geführt, als vielmehr nur eingeleitet ist. Es trat hier die Nothwendigkeit ein, den Leinpfad auf die Inseln zu verlegen, weil sonst vom Fahrwasser zu weit entfernt geblieben wäre. Die Leinpfadsdämme sind zugleich Coupirungen der Stromarme. In dem obern derselben ist der Anschluss in Form der inclinanten Bühne angebracht, um das dahinter liegende Ufer dem Strom zu entziehen. Die untere Insel, welche vom Leinpfade nicht berührt wird, konnte durch Coupirungen angeschlossen werden, die normal gegen den Stromarm gerichtet sind: sie durften auch einer geringern Höhe als die Leinpfadsdämme gehalten werden. An den obern Mündungen der abzuschliessenden Arme sind ebenfalls inclinante Bühnen angebracht, um den Strom gehörig in den Hauptarm herüber zu leiten. Die Bühnen an der untern Mündung des Stromarms, sowie auch andere Anlagen, die zur Bildung regelmässiger Uferlinien dienen, sind vorläufig noch nicht angeführt, indem man zunächst nur den Strom in einem einzigen Arme vereinigen und die Nebenarme schwächen und etwas zu Verlandung bringen wollte. Nachdem dieses geschehen, wird erst möglich sein, mit Sicherheit zu beurtheilen, was noch weiter zu thun sei.

Indem von der Anordnung der Stromregulirungswerke die Rede ist, müssen noch die vielfachen Collisionen erwähnt werden, in welche der Baumeister bei solchen Anlagen sehr häufig mit Privatleuten verwickelt wird. Es ist bereits angeführt worden, dass zuweilen in Folge der Regulirungswerke stellenweise ein Uferangriff sich vergrössert: man geht alsdann wohl immer von dem Grundsatz aus, dass solche Uferdeckungen zum Regulirungsbau selbst gehören und im Projecte enthalten sein müssen. Wenn aber einzelne Uferstücke oder Theile von Inseln vor den neuen Uferlinien vortreten, und also durch den Strom fortgerissen werden, so wird der Werth dieser Flächen nach einer gütlichen Vereinigung oder nach einer gerichtlichen Abschätzung dem Eigenthümer bezahlt. Wie sehr indessen hierdurch auch für das Private Interesse gesorgt ist, so kommen dennoch sehr häufig Reclamationen gegen den Staat vor, und die übertriebensten Entschädigungsforderungen werden erhoben, indem man es nicht selten versucht, alle Uferbrüche in der Nähe als Folgen der Regulirung darzustellen. Es geschieht dieses auch in solchen Fällen, wo die Erfahrung

dass der Angriff des Stromes nach der Ausführung der Baue viel schwächer geworden ist, als er es früher war.

Die Klagen beziehen sich ausserdem auf andere Gegenstände:

1. B. wird es nicht selten als unersetzlicher Verlust bezeichnet, wenn eine Stelle im Strombette zur Verlandung kommt, worin eine Flachs gerüstet, oder die Wäsche der Schafe vorgenommen, oder wo vielleicht eine Gondel zu liegen pflegte. Noch öfter wird geklagt, wenn eine flache Stelle aus dem Strome entfernt wird, durch welche bisher bei kleinem Wasser durchgefahren oder das Vieh hindurchgetrieben wurde. Dasselbe geschieht, wenn die Fischerei einige Störung erleidet. Es ist mir öfter der Fall vorgekommen, dass man die frühern Untiefen im Strombette beibehalten wollte, um die Kähne mit kurzen Stangen schieben zu können, und um nicht gezwungen zu sein, hierzu lange Stangen zu gebrauchen oder zu rudern. Wie übertrieben diese Beschwerden auch immer sein mögen, so liegt denselben doch wirklich ein gewisser Nachtheil oder eine geringe Unbequemlichkeit zum Grunde. Bei vielen Klagen ist aber selbst dieses nicht der Fall, sie werden vielmehr allein durch Vermuthungen hervorgerufen, und wenn die letztern auch ganz unwahrscheinlich sind und sich durch nichts begründen, so bleiben die Beschwerden doch nicht weniger angenehm.

Die härtesten Collisionen pflegen indessen mit den Schiffern zu treten. Der Baumeister muss die Anordnungen immer so treffen, dass die Schifffahrt nie gänzlich gesperrt wird, er kann es aber nicht vermeiden, dass während des Baues oder auch noch eine Zeit hindurch nach demselben manche Unbequemlichkeiten entstehen, die früher nicht bestanden, und welche nur vergehn, wenn das Strombette sich nach und nach umgestaltet hat. Dieser Fall ist öfter eben derselbe, der sich bei jeder grössern Reparatur bei jedem Umbau einer Strasse zu wiederholen pflegt. Die Leute ertragen indessen den vorübergehenden Uebelstand, weil sie wissen, dass die neue und viel bequemere Strasse erbaut wird. Bei den Stromregulirungen werden indessen die gewünschten Verbesserungen nicht unmittelbar dargestellt, man sucht sie vielmehr allmählig herbeizuführen. Hiervon kann sich der Schiffer keinen Vortheil machen. Alle Erfahrungen, die der Baumeister selbst gemacht hat, und alle fremden Erfahrungen, die er bei der Anlage

benutzt, sind dem Schiffer unbekannt; er hegt grosses Misstrauen gegen den Bau, weil er denselben nicht begreift. Er hat noch ganz andere Ideen über die Stromregulirung, und nur will er nur solche Mittel im Grossen angewendet sehen, wozu er selbst sich zu helfen gewohnt ist, so oft er sein Schiff festgehalten hat. Seine eignen Erfahrungen in dieser Art der Praxis nach seiner Meinung für die Verbesserung des Fahrwassers entbehrlich, und oft ist es seine Absicht, dieselben bei Gelegenheit für einen hohen Preis zu verkaufen. Sobald er hierin getäuscht sieht, und erfährt, dass vielleicht aus einer Gegend ein Baumeister kommt und die Projecte zur Reglung anzieht, so werden die Eigenthümlichkeiten des Stromes, die seiner Ansicht kein Fremder kennen kann, schon als Beweis des Missglückens des Unternehmens angeführt. Diese angeblichen Eigenthümlichkeiten, die der Schiffer allein zu kennen glaubt, sind indessen jedesmal nichts weiter, als die hohen Anschwellungen in Verbindung mit starker Strömung und die verheerenden Gänge. Wenn endlich der Bau beginnt, so wird von jedem einzelnen Werke mit aller Bestimmtheit die Versicherung abgegeben, dass es im nächsten Winter zerstört werden wird. Eine Behauptung von Personen, die den Strom genau kennen, schon grosses Bedenken. Wenn der Schiffer aber vollends merkt, dass ein Fahrwasser, durch welches er bisher sehr leicht durchtreiben konnte, geschlossen und dafür eine schmale Pforte eröffnet wird, in welche er mit grosser Vorsicht sein Schiff führen muss, oder welche er bei der gewöhnlichen Last Zugleiche gar nicht erreichen kann, alsdann erwartet den Bau eine harte Prüfung. Während er die Freude hat, zu bemerken, dass die Anlagen ganz in gewünschter Weise wirken, dass der neue Stromschlauch sich regelmässig umgestaltet und eben so regelmässig sich ausbilden, geschieht es wohl, dass er nur von verfehlten Anlagen sprechen hört, und er nicht die Einstellung der Arbeiten, sondern wohl gar die Beseitigung desselben besorgen muss, was er ausgeführt hat.

In England werden die Projecte zu grossen Anlagen von einer Commission des Hauses der Gemeinen discutirt: die hietrigen Verhandlungen, die später im Druck erscheinen, stellen die Gründe der Projecte und ebenso die dagegen erhobenen Bedenken ge-

lentlich dar. Der Chairman, der mit dem Gegenstande genau
nt ist, befragt die Zeugen mit grosser Bestimmtheit und so
brlich, dass die Commission über die vorgetragenen Ansichten
ein Urtheil bilden kann. Die Fragen, sowie die Antworten
in wörtlich niedergeschrieben, und dadurch wird es jedem
Betheiligten möglich, den Grund oder Ungrund aller Be-
tungen genau kennen zu lernen. Wenn die Humanität es
verbietet, den unkundigen Schwätzer oder den Quärlanten
boudum zu führen, so werden die Fragen doch immer soweit
tetzt, dass das Sachverhältnisse sich möglichst klar heraus-
Dieses Verfahren gewährt dem Publikum, sowie allen dabei
iligten, und in gleichem Maasse auch dem Baumeister selbst,
resse Beruhigung: er wird vor Misstrauen und Verdächtigung
gestellt.

Wo solche Verhältnisse nicht bestehn, bleibt dem Baumeister
übrig, als es zu versuchen, durch persönliche Berührungen
zen zu erwecken. Für den vorliegenden Fall muss er mit
schiffen sich in Verbindung setzen, ein freundliches Ent-
kommen hat er von denselben, und namentlich wenn in der
d noch keine Stromregulirungen ausgeführt sind, nicht leicht
warten, aber das Vertrauen, welches er zeigt, wird doch
Regel erwidert, und wenn es ihm gelingt, einigen Schiffern
rhältnisse klar zu machen und sie zu überzeugen, dass ihre
ten nicht unbedingt anwendbar sind, so ist seine Stellung
um Vieles gebessert. Der besonnene und überlegte Mann
et in der Regel das Zutrauen seiner Kameraden, und dieser
gerade, welchen man am leichtesten überzeugen kann. Die
rungen und die Localkenntniss des Schiffers sind aber dem
ister bei einer Stromregulirung in vielen Fällen ganz un-
nrich, und ein grosser Theil der Schifffahrtshindernisse,
stlich einzelne Steine u. dergl., bleiben ihm lange unbekannt,
der Schiffer sie ihm nicht bezeichnet. Er hat also einen
n wesentlichen und unmittelbaren Nutzen davon, wenn er in
dicke Verhältnisse mit diesem tritt. Andererseits hat der Schiffer,
gewöhnlich den Strom befährt, auch unzweifelhaften Anspruch
be besondere Berücksichtigung seines Interesses, vorausgesetzt,
der Strom behufs Verbesserung der Schifffahrt regulirt wird.
Wo also ungerecht, wenn man ihn gar nicht hören wollte.

Zuweilen wird ein freundliches Vernehmen mit den Landesherrn dadurch gestört, dass sie beim Gelingen der beabsichtigten Regulirung manche Nachtheile und besonders die Concurrenz fremden Schiffers befürchten. Dieses war z. B. bei einem der Fälle, der zum Gebiete des Rheins gehört: die Schiffer, welche bisher allein hier gefahren hatten, verlangten Anfangs, dass die Durchfahrtsöffnung unter einer Brücke nicht erweitert werden sollte, weil, wie sie ausdrücklich angaben, sonst auch die Schiffe von andern Strömen herauströmen würden. Diese wurde natürlich zurückgewiesen, indem die ganze Anlage die Erleichterung des Verkehrs zum Zweck hatte. Darin suchte man die Arbeiten in anderer Art zu hintertreiben: in der Beschwerdeschrift wurden nicht nur die Störungen, welche die Schifffahrt durch den Bau erlitten haben sollte, ganz überdargestellt, sondern auch behauptet, dass die in Anwendung gebrachte Bauart ganz zweckwidrig sei, wofür man eine andern, nämlich die Parallelwerke wählen müsse. Es ist eine gewöhnliche Ansicht, dass der praktische Sinn den Gegenstand der Theorie bildet: der Schiffer auf einem kleinen Strome, den Niemand für einen Theoretiker halten wird, erscheint als ein grosser Praktiker, und je weniger er von Strom und Schiffen bisher gesehen und gehört hat, um so unbefangener und freier kann er sie beurtheilen. Glücklicher Weise waren mehrere üble Stellen auf demselben Strome bereits so vollständig regulirt, dass die Zweckmässigkeit der Anlagen ganz unzweifelhaft war.

Ein andrer Grund, weshalb die Schiffer das Fortbestehen der Hindernisse und Gefahren zuweilen wünschen, liegt darin, dass ihre genaue Localkenntniss und ihre Uebung im Ausweichen von Hindernissen durch die Stromregulirung sehr entbehrlich wird, so dass sie den zuweilen übermässigen Gewinn verlieren, den sie durch die frequentere Schifffahrt bisher daraus zogen. Dieser Fall trat auch bei dem eben erwähnten Strome gleichfalls ein. Bei einem andern Strome, der auch zum Gebiete des Rheins gehört, protestirte ein Schiffer gegen die beabsichtigte Regulirung, weil dadurch die edle Kunst des Schiffers ganz außer Acht gelassen und jeder Bauer in Zukunft fahren würde. Die Aeusserung war allerdings nicht ganz ungegründet, denn eine ähnliche Geschicklichkeit und Kraftanstrengung, wie hier an einzelnen Stellen erforder-

verlangt die Befahrung keines andern Stromes, soviel mir bekannt sind: während nämlich die beladenen Schiffe mit grösster Schnelligkeit durch die Oeffnungen in den Wehren getrieben werden, muss deren Richtung verändert werden, dieses geschieht, indem drei Mann die Schiffshacken in ein Pfähle einsetzen und während eines Momentes mit voller Kraft das Schiff abstossen.

Die Aussicht auf grössern Gewinn pflegt indessen bald Veranlassung zu geben, dass Einzelne unter den Schiffersn sich von übrigen Zunft trennen: sie sehn die Möglichkeit ein, aus der Regulirung des Fahrwassers Vortheil zu ziehn, besonders wenn den Uebrigen zuvorkommen und ihren Betrieb so einrichten, wie die günstigeren Verhältnisse möglichst bald und möglichst häufig benutzen. Auf diese Männer muss der Baumeister besondere Rücksicht nehmen: sie haben kein anderes Interesse, alsjenige, welches eben befördert werden soll, und sobald sie an einigen Beispielen sehn, dass die Anlagen vortheilhaft sind, so vertreten sie gleich den Baumeister sehr kräftig bei Kameraden, und unterstützen ihn zugleich wesentlich, indem sie auf alle Umstände aufmerksam machen, welche die Schiffsbetreiber betreffen, und die er selbst zum Theil wenigstens nicht so bemerken kann. Für die Regulirung der Weser hat sich der Schiffer auf diese Weise höchst verdient gemacht.

Ich habe diese Verhältnisse berührt, um die Baumeister auf aufmerksam zu machen, wie sehr es im Interesse der Sache nicht minder in ihrem eignen liegt, bei Stromregulirungen den Schiffersn in freundliches Vernehmen zu treten. Manche Unbefriedenheit in dieser Beziehung wird allein dadurch hervorgerufen, dass der Schiffer nicht gehört wurde, und er erhebt dahin die Beschwerden nicht früher, als bis er sich überzeugt hat, dass der Baumeister seine Klagen und Wünsche nicht beichtigen will.

§. 74.

Stein-Constructionen.

Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, dass die Stromregulirungswerke einem starken Angriffe durch das Wasser ausgesetzt sind, und dass sie ausserdem in den meisten Fällen auch

durch die Vertiefung bedroht werden, welche neben den besonders vor den vorspringenden Köpfen sich leicht bilden. Eine vollständig gesicherte Fundirung, wie sie bei andern Bauten ist, kann man hier nicht anwenden, weil eine solche kostbar ausfallen würde. Es bleibt also nichts übrig, die Construction so zu wählen, dass bei der eintretenden Vertiefung das Werk sich theilweise senken kann, ohne in seinem Zusammenhange gelöst oder gebrochen zu werden. Fest verbundene Constructionen und ebenso auch vollständige Mauerwerke hiernach bei Stromregulirungsbauten in der Regel nicht anzuwenden. Dagegen empfiehlt sich ein solches Material, welches in grossen Massen verbunden dennoch biegsam bleibt und eine unregelmässige Oberfläche sich genau schliessend aufeinander. In dieser Beziehung zeichnet sich das Strauchwerk besonders aus. Die einzelnen Reiser legen sich in einander und bilden dadurch eine innige Verbindung, die noch durch andere Mittel so verstärkt werden kann, dass es schwer ist, einzelne Theile davon zu reißen. Nichts desto weniger behält der ganze Körper seine Biegsamkeit, und wo unter ihm ein hohler Raum entsteht, ist das Wasser herab. Dadurch verhindert er es sehr sicher, dass die Strömungen sich unter ihm hindurchziehen können, welche sonst sehr nachtheilige Folgen haben würden.

Etwas Aehnliches lässt sich auch bei Stein-Constructionen erreichen: der Unterschied einer solchen gegen den aus einem gegliederten Körper beruht darin, dass die Steine ganz los und neben einander liegen und gar keine Verbindung unter ihnen besteht. Sie werden dadurch der Gefahr ausgesetzt, von den Strömen fortgetrieben zu werden, aber es ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, dass ein Stein um so mehr Widerstand dem Strome entgegensetzt, je grösser er ist, da der Widerstand ist seinem Gewichte oder der dritten Potenz des Durchmessers proportional, der Druck, den er vom strömenden Wasser erfährt, aber nur seinem grössten Querschnitt, oder der zweiten Potenz des Durchmessers. Man kann also den Mangel an Festigkeit, der aus der fehlenden Verbindung der einzelnen Theile springt, dadurch entgegenwirken, dass man recht grosse Steine wählt, oder wenn solche nicht zu haben sind, lassen sich kleinere Steine durch eine gemeinsame Umschliessung in ge-

nen verbinden. Ein anderes Mittel zur Vermehrung des Widerstandes besteht darin, dass man Steine von besonders grossem Flächen Gewichte wählt. In dieser Beziehung zeichnet sich der Sandstein, Thonschiefer und andern sehr vorthailhaft aus.

In allen diesen Fällen liegen die einzelnen Steine oder deren Endungen nur lose auf einander, sobald daher eine Vertiefung in ihnen eintritt, oder wegen der starken Vertiefung neben der des Werkes sie nicht gehörig unterstützt sein sollten, so können sie gleich von selbst herab und nehmen wieder eine gestörte Lage an. Eine Unterspülung ist daher auch bei ihnen möglich. Wenn man indessen bei ganzen Werken oder einzelnen Theilen derselben ein starkes Nachsinken nicht erwarten will, und sonach diejenigen Steine, welche im Innern liegen, vor unmittelbarem Angriff des Stromes gesichert sind, so kann man hier auch ein leichteres Material verwenden, und es ist nur nöthig, dasselbe mit einer Decke aus schweren Steinen zu versehen. Dies ist vorzugsweise in der obern Fläche oder in der Krone der Werke erforderlich, wo der Angriff des Eises am stärksten ist.

Es ist indessen klar, dass selbst sehr grosse und schwere Steine, wenn eine Scholle sie fasst, leicht aus ihrem Lager gerissen und fortgerissen werden. Es liegt daher ein grosser Vortheil darin, wenn man die Krone und selbst die Dossirungen, soweit der Wasserstand es erlaubt, mit einem möglichst ebenen und gut abgeschlossenen Steinpflaster umgiebt. Man darf indessen nicht vergessen, dass die Pflastersteine nur so lange in ihrer gegebenen Lage bleiben, als die Unterlage, auf der sie ruhen, nicht ausweicht. Wenn diese aus feinem Material besteht, welches dem hindurehdringenden Wasser mit fortgerissen werden kann, zeigen sich bald Senkungen im Pflaster, welche besonders bei hohen Werken höchst gefährlich sind, indem der überstürzende Strom an solchen Stellen sich sehr verstärkt und daher einen um so heftigern Angriff auf die schon schadhafte Steindecke ausübt. Die Untersteine verlieren ausserdem bei der eintretenden Senkung ihre regelmässige und geschlossene Lage, sie werden daher um leichter von dem darüber treibenden Eise, auch wohl von dem Strom gefasst und herabgerollt. Dieser Uebelstand nimmt fortwährend zu und veranlasst immer neue Beschädigungen, so dass die Fällung bald den Schutz der Steindecke ganz verliert. Man

muss aber besonders bei heftiger Strömung immer darauf sein, dass stellenweise eine Beschädigung im Pflaster eintreten kann, und hiernach dürfte es wohl als ganz unstatthaft erscheinen, wenn man Stromregulirungswerke und namentlich Einbauten aus leichtem Material, nämlich aus Sand und feinem Kies, wohl gar aus Erde, aufschütten und nur durch ein Pflaster schützen wollte. Es fehlt nicht an Beispielen, welche zeigen, dass solche Bauten, ohne dass sie vorher eine Beschädigung bemerkt hatten, bei einem einzigen Hochwasser durchbrochen und sogar vollständig zerstört wurden. Wenn nämlich an einer Stelle der Damm entstanden ist, und ein heftiger Strom hindurchgeht, so ist klar, dass die Wirkung desselben auf die angrenzenden und geschützten Theile des Werkes sehr zerstörend ausfallen wird.

Der einfachste Fall für die Anwendung der Stein-Consolidation bei Stromregulirungen ist die Anbringung einer Steinschüttung vor den in Abbruch stehenden Ufern. Kommt es nur darauf an, eine feste Derke zu bilden, so ist es gewiss vortheilhaft, ein gleichmässiges Material dazu zu verwenden. Es ist allerdings zur sicherern Unterstützung der einzelnen Steine, wenn man die Zwischenräume zwischen ihnen durch Kies, Steine oder Kies ausfüllen könnte. Dieses lässt sich in der Praxis nicht erreichen, weil die Steine nicht in einem gehörig zahlreichen Lager versetzt, sondern nur herabgeworfen werden und sich ganz zufällig sich ablagern. Es geschieht zuweilen, dass man zwischen die Steine auch Kies wirft, alsdann ist es aber zu vermeiden, dass derselbe an einzelnen Stellen nicht nur in die Zwischenräume der Steine eindringt, sondern nachdem diese gefüllt sind, sich noch in grossen Massen über den letzteren häuft, und die folgenden Steine daher nur auf dem Kiesel lagern, der bald vom Strome fortgespült wird, wodurch die Steine in Bewegung kommen. Dieser Uebelstand wird vermieden, wenn man den Kies erst nach der Beendigung der Steinschüttung bringt, aber gewiss ist alsdann der Nutzen desselben viel geringer und sogar überhaupt sehr zweifelhaft, da er ein festes Lager für die Steine nicht mehr bilden kann. Ein solches stellt sich auch ohne Kiesschüttung mit der Zeit von selbst dar. In den Zwischenräumen zwischen den Steinen wird nämlich die Bewegung des Wassers besonders zur Zeit der hohen Anschwellungen,

Profil des Stromes sich sehr vergrössert, viel geringer als dem Strom sein; das herabgeführte Material lagert sich also dicht und genau schliessend darin ab, so dass der Strom die vollständige Ausfüllung bewirkt. Ich bemerke indessen, man in den Fällen, wo die Kiesschüttung dennoch Anwendung findet, auf 4 Schachtruthen Steinschüttung 3 S. R. grobe Steine und 1 S. R. Kies zu rechnen pflegt.

Was die Grösse der Steine und die Stärke und Lagerung der Steinschüttungen betrifft, so ist diese von der Heftigkeit des Stromangriffs bedingt. Wo die Werke dem stärksten Angriff ausgesetzt sind, wählt man am Rhein dazu den Basalt aus der Gegend von Remagen und Linz. Die Stücke werden alsdann in der Grösse gewählt, dass sie durchschnittlich einen Centner wiegen und vermöge ihres grossen specifischen Gewichtes, welches etwa 3,2 ist, bieten sie dem Wasser verhältnissmässig nur eine geringe Angriffsfläche dar und liegen daher sehr sicher. Man schüttet sie $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuss hoch, und giebt gewöhnlich eine $1\frac{1}{2}$ fache Anlage, obwohl zuweilen auch die doppelte Anlage vorkommt. Ihre Versenkung, besonders in grosser Menge, lässt sich natürlich nicht sehr regelmässig ausführen, aber aus diesem Grunde ist es nothwendig, die mittlere Stärke der Schüttung nicht zu schwach anzunehmen, weil es sonst zu leicht geschehen könnte, dass einzelne Theile der natürlichen Uferbedeckung ganz unbedeckt blieben. Durch möglichst sorgfältiges Anlegen muss man sich davon zu überzeugen suchen, dass der Basalt ungefähr gleichmässig über die ganze Fläche vertheilt wird. Eine solche Decke giebt dem Ufer den sichersten Schutz, den es überhaupt erhalten kann: die am härtesten bedrohten Ufer des Rheins, und namentlich vor der Neustadt bei Düsseldorf, wo in Folge der scharfen Krümmung die Wassertiefe über 50 Fuss beträgt, sind auf diese Art ausgedeckt worden. Reparaturen werden nur von Zeit zu Zeit nöthig, indem einzelne Steine vom Eise abgerissen und fortgeschoben werden, oder herabrollen. Die grosse Dauerhaftigkeit dieser Deckungsart beruht darauf, dass die entstehenden Lücken sogleich durch die darüber liegenden Steine ausgefüllt werden, und sonach die Beschädigungen nicht sowohl am Fusse der Werke oder in grosser Tiefe eintreten können, wo sie am schädlichsten sein würden, sondern vielmehr im obern Theile der

Steinschüttung. Man muss daher diese immer soweit ver-
ständigen, dass der nöthige Vorrath von Steinen vorhanden
ist, der bei eintretender Beschädigung sogleich nachstürzen kann.
Wenn solche Beschädigungen auch Anfangs ziemlich bedeu-
tend sind, so hören sie mit der Zeit fast ganz auf, und dieses
erhebt davon her, dass die am schwächsten gedeckten Stellen
nach und nach durch das hinzukommende Material ver-
stärkt und die ganze Steindecke besonders an ihrem Fusse durch
herabrollenden Steine stärker wird.

Da die Schachtruthe Basalt im Düsseldorfer Regierungsbe-
zirk 12 bis 15 Thaler kostet, so deckt man diejenigen Ufer-
stellen, welche dem Angriff des Stromes weniger ausgesetzt sind,
mit Schüttungen aus andern minder kostbaren Steinen: hiesig
werden hierzu die Sandsteine von den Ufern der Ruhr verwen-

Doch auch die letzten sind noch so kostbar, dass man
vielen Fällen statt ihrer gebrannte Steine verwendet.
Die Benutzung derselben für den in Rede stehenden Zweck,
sowie auch für die Bedeckung der aus Strauch erbauten Werke,
ist eine sehr günstige Gelegenheit, um die Vortheile der Stein-
struction bei Strombauten auch solchen Gegenden zuzuweisen,
wo natürliche Steine gar nicht vorkommen oder deren Beischaffung
ausserordentlich kostbar sein würde. Es kommt bei den gebrannten
Steinen, insofern sie nur zu unregelmässigen Schüttungen be-
nutzt werden, auf die Form gar nicht an, aber wohl ist es sehr wichtig,
dass sie recht hart und fest sind, und weder beim Froste
noch auch bei abwechselnder Nässe und Trockenheit leicht zerfallen.
Ein Uebelstand, der bei ihrem Gebrauche eintritt, bezieht
sich darauf, dass sie der Entwendung sehr ausgesetzt sind, indem
bei der sorgfältigsten Aufsicht doch nicht vermieden werden kann,
dass während der Nacht die Steine auf den Werken gesammelt
und in Kähnen fortgeführt werden. Man suchte dieser Ent-
wendung sonst dadurch vorzubeugen, dass man jeden Stein zernahm.
Durch dieses Mittel wurde indessen der beabsichtigte Zweck
sehr unvollständig erreicht, denn in vielen Fällen konnten
einzelne Steine noch eben so gut, wie die ganzen, anderwärts
benutzt werden. Ihrer Entwendung war daher nicht vorgebeugt,
und ausserdem verminderte sich mit der Grösse auch der Wider-
stand gegen den Stoss des Wassers und Eises sehr.

hat es daher in neuerer Zeit für zweckmässiger gefunden, ungewöhnlich grosse Form zu wählen. Wo man gleiche bei irgend einem Bau in der Nähe des Rheins anwenden muss, muss der Besitzer sich ausweisen, wie er zu denselben kommen sei.

Diese Steine sind 12 Zoll lang, 7 Zoll breit und 3 Zoll stark: nicht aufgesetzten Schachtruthe gehören daher sehr nahe 10 Steine. Sie werden unmittelbar am Ufer des Rheins gewonnen, wo der thonige Niederschlag aus dem Flusse ein sehr gutes Material dazu liefert. Derselbe günstige Umstand dürfte wahrscheinlich in den meisten Fällen wiederholen, wo die Haffenheit natürlicher Steine so kostbar ist, dass man sie durch Kieselsteine ersetzen muss. Die Ufer leiden aber gemeinhin nicht durch das Anheben der Ziegelerde, indem die Gruben in sehr kurzer Zeit wieder zugeschlämmt werden, und man nach wenig Zeit nicht mehr die Stelle erkennen kann, wo man sie eröffnete. Indem man auf diese Art die Erde zu den Steinen ganz in der Nähe gewinnt, und ausserdem das Brennmaterial auf dem Flusse leicht beigeschafft werden kann, so stellt sich der Preis sehr billig. Am Rhein kostet ohnerachtet des hohen Taglohns die Darstellung von einer Schachtruthe oder von Tausend Steinen 2 Thaler, wozu noch eben so viel für Brennmaterial und einige Nebenarbeiten kommt, so dass der Preis im Ganzen nur 4 Thaler beträgt. Der vierte Theil der Steine pflegt sehr hart auszufallen, man muss denselben daher zur Unterlage oder auch an solchen Uferstellen verwenden, die einem starken Stromangriffe nicht ausgesetzt sind und daher keiner besonders festen Decke bedürfen. Die vielfache Anwendung, welche gebrannten Steine im Preussischen Theile des Rheins bei Uferregulirungen und Uferdeckungen gefunden haben, ist wohl hauptsächlich Umstände zu verdanken, dass man bemerkte, wie die Ziegeleien, in Holland häufig auf den Deichen stehn, durch die in grosser Menge abfallenden Steinbrocken einen sehr sichern Schutz dem Ufer gegen den Angriff des Stroms einen kräftigen Widerstand setzen, während ober- und unterhalb derselben das Ufer weiter zurückweicht. Häufig findet sich auch die Gelegenheit Gebäude in der Nähe des Stroms anzukaufen, wodurch gleichfalls für geringe Preise grosse Massen erhalten kann.

Was endlich die Art der Verwendung der gebrannten Steine betrifft, so gilt für sie dasselbe, was in Beziehung auf die Bruchsteine bereits erwähnt ist: man rechnet wieder auf eine Schachtrathe Schüttung, drei Viertel Schachtrathen dicht aufgesetzte Steine und ganz gewöhnlich ist es, in diesem Falle noch ein Viertel Schachtrathe Kies gleichzeitig mit den Steinen zu versenken, welcher letztere hierbei nothwendig und immer unschädlich sei, wie ich nach dem Obigen bezweifeln. Die Stärke der Schüttung, welche die Neigung stimmt gewöhnlich mit der für Bruchsteine angegebenen überein.

Bei Ausführung der Steinschüttungen vor den Ufern kommt sehr häufig der Fall vor, dass das Ufer entweder im Ganzen, oder doch stellenweise so steil ist, dass die angegebene 1½fache Anschüttung sich nicht darstellen lässt, ohne dass man vorher eine theilweise Ausfüllung vorgenommen hätte. Eine solche wird durch eine eigentliche Steindecke vor dem unmittelbaren Angriff des Wassers sicher gestellt, es wäre daher überflüssig, dasselbe kostbar Material, welches für jene erforderlich ist, auch hier anzuwenden; andererseits aber pflegt eine frische Schüttung sich nicht so fest abzulagern, wie das natürliche Ufer, und sonach erscheint die Anschüttung von Kies oder wohl gar von Sand als Unterlage der Steindecke nicht hinreichend sicher. Dazu kommt noch der Umstand, dass vor denjenigen Ufern, wo eine Deckung dieser Art für erforderlich erachtet wird, die Strömung gemeinhin so heftig ist, dass das feine Material gleich beim Herabwerfen vom Strom fortgetrieben wird, und man sonach schon aus diesem Grunde gezwungen ist, gröberes Material zu verwenden. Es ist daher in Abrede zu stellen, dass die Kosten des Banes sich hierdurch ausserordentlich vermehren, aber die Sicherheit des Erfolges ist dennoch diese Vorsicht unbedingt zu empfehlen vorausgesetzt, dass das Ufer, welches man decken will, einem starken Angriff ausgesetzt ist. Man pflegt zuweilen durch eine Abstufung vom feinem Material zu dem gröbern überzugehen. So kommt am Rhein vor, dass man die eigentliche Anschüttung, welche die Dossirung darstellt, aus Kies bildet; auf diesen zunächst eine 1 Fuss starke Lage kleinerer Basaltstücke bringt, und auf letztern erst die eigentliche 2 Fuss starke Basaldecke von groben Blöcken auswirft.

Die Steinschüttungen werden gemeinhin nur bis zum niedrigen Wasserstande heraufgeführt, und man lässt sie in dieser Höhe in eine regelmässige Steinpackung oder in ein Pflaster übergehen: Letzteres widersteht wegen der ebenen Oberfläche, sowie auch wegen der geschlossenen Lage der Steine sehr dem Stosse des Eises, und da der Wasserstand zur Zeit des Einganges gewöhnlich ein sehr hoher ist, so bleibt die tiefer liegende lose Steinschüttung vor dem Gegenstossen der Schollen unberührt. Für das Pflaster tritt indessen der Uebelstand ein, dass der Fuss desselben keine hinreichende Unterstützung findet, sondern wenn die Steinschüttung durch das Forttreiben oder Abfallen einiger Steine in Bewegung kommt, so zeigt sich auch schon in dem dagegen gelehnten Pflaster ein Nachsinken, und die Steine kommen, wenn sie auch nicht herabstürzen, doch aus der geschlossenen Lage. Man vermeidet dieses häufig dadurch, dass man das Pflaster etwas zurücktreten lässt, oder durch die Anhäufung ein Banket davor bildet, doch ist es nöthig, dass dieses Banket immer sogleich ergänzt, wie die Steine daraus stürzen. Einigermassen lässt sich die Beschädigung des Pflasters auch durch die Anordnung der Steinreihen in demselben vermeiden. Diese müssen nothwendig ungefähr horizontal gerichtet werden, weil nur dadurch ein Verband dargestellt werden kann, der verhindert, dass eine Beschädigung am Fusse des Pflasters gleich bis zu dessen oberem Rande ausdehnt. Wenn man diese Steinreihen etwas gegen den Horizont neigt, so dass die Lagerfuge zwischen zwei Reihen gegen den Wasserspiegel abfällt, so wird der erwähnte Vortheil nicht aufgehoben, vielmehr zeigt sich vielmehr wegen der Spannung in den einzelnen Reihen noch vollständiger ein. Nichts desto weniger wird immer das Herabsinken der Steinschüttung, besonders wenn auf eine grössere Länge eintritt, eine starke Beschädigung des Pflasters und sogar stellenweise den vollständigen Einsturz desselben zur Folge haben. Man vermeidet dieses, wenn man, wie es geschieht, das Pflaster gegen eine Pfahlwand lehnt und innerhalb derselben zu deren Schutz die lose Steinschüttung anbringt. Fig. 120 zeigt diese Anordnung, und es ist zur Erklärung nur zu bemerken, dass die Bohlen schon durch die Steine gehalten werden und daher keiner besondern Befestigung

gegen die Pfähle bedürfen. Man erreicht indessen bei Boden und bei geringer Wassertiefe denselben Zweck einfacher, wenn man kleinere Pfähle einrammt, und statt der Zeichnung dargestellten Balkens, nur eine Bohle dagegen. Jedenfalls muss das sämtliche Holzwerk nicht über das Wasser vortreten, damit es nicht durch die abwechselnde und Trockenheit leiden kann. Ausserdem aber muss man die Pfahlreihe, wenn dieselbe nicht zu einem vollständigen, in Spundwand versehenen Bohlwerke gehört, die lose Steine anbringen, welche jedesmal, so oft eine Vertiefung dartritt, zusammenstürzt, und alsdann wieder vervollständigen muss.

Die Nothwendigkeit zur Reparatur der losen Schüttung sich bei dieser Anordnung des Banes nicht mehr aus dem Stande des Pflasters zu erkennen, man muss daher durch wiederholte Peilungen sich davon überzeugen, ob die Steine noch in ihrer ganzen Höhe vorhanden sei. Endlich erwägt man in manchen Fällen, und namentlich wenn das Pflaster nur aus kleinern Steinen besteht, mit Pfählchen von etwa 1 Fuss Länge ausreicht, welche durch zwischengewundene Reiser zu Säulen verbunden sind. Fig. 101, Taf. XXXVII.

Für das Pflaster gelten in gewisser Beziehung dieselben Regeln, wie für die Steinschüttung: man muss nämlich, wenn der starke Strom oder Eisgang dagegen gekehrt ist, immer gefasst sein, dass einzelne Steine gelöst oder fortgetrieben werden können. Ihre Unterlage muss daher wenigstens einiger Stand zu leisten im Stande sein. Aber auch die Wasser, die sich hindurchziehn, und namentlich das Quellwasser, kann in anderer Beziehung Beschädigungen veranlassen. Wenn der Untergrund aus sehr leichtem Boden, also aus Erde oder Schlamm besteht, so wird dieser mit dem Wasser fortgerissen werden, die feinen Körnchen dringen durch die Fugen zwischen den Steinen hindurch, worauf das Pflaster einsinkt. Um dieses zu vermeiden, ist es in den meisten Fällen nothwendig, das Ufer, welches gepflastert werden soll, wenn es aus leichtem Boden besteht, mit Kies oder Bauschutt zu bedecken, und hierin die Steine zu versetzen. Ohne diese Vorsicht pflegen bedeutende und wiederholte Reparaturen daran nothwendig zu werden.

Wenn ein starker Bisgang das Ufer trifft, und man wegen Kostbarkeit der grössern Steine eine vollständige Abpflasterung solchen nicht vornehmen kann, so liegt immer ein grosser Theil darin, wenigstens in gewissen Abständen einzelne Stellen zu sichern. So geschieht es am Rhein, dass man in Längen von etwa 5 Ruthen, Streifen von 6 Fuss Breite mit ebenen Basalten pflastert, die vom niedrigen Wasserstande bis zum Uferrande heraufgehen, während die zwischenliegenden Theile mit hochkantig gestellten Ziegeln gedeckt werden.

Endlich erwähne ich noch, dass die Steinschüttung und selbst Steinpflaster eine Weidenanpflanzung dazwischen in vielen Fällen gestattet. Zwischen Thonschiefer, Sandstein, Ziegeln und andern weichen Steinen kann man, wenn das Pflaster zu stark ist, und auf einem passenden Untergrunde ruht, Weidenstecklinge pflanzen, indem man mit einem Setzeisen Löcher macht. Solche Pflanzungen pflegen nicht nur gut zu gedeihen, sondern sie gewähren dem Werke auch noch in doppelter Beziehung Schutz. Nämlich einmal mässigt das Strauch den Anstoss des Stromes und demnächst tragen die Wurzeln noch dazu den Untergrund einigermaassen zusammen zu halten, und sein Forttreiben zu verhindern, wenn die Steindecke zerstört werden sollte. In vielen Fällen schüttet man auch über die bereits ausgeführte Pflanzung etwa 6 Zoll hoch Steinbrocken oder Gerölle auf, und gewährt dadurch nicht nur den jungen Pflanzungen einen wesentlichen Schutz, sondern umgekehrt wird auch die schwache Steinschüttung durch das Strauch gesichert. Aus den angegebenen allgemeinen Bedingungen der Steinconstructionen folgt unmittelbar die Anordnung der Steinbuhnen. Sie wird nie nur da in Anwendung bringen, wo das Steinmaterial geringe Kosten beizuschaffen ist, also in Gebirgsgegenden, wo die Ströme gewöhnlich ein sehr starkes Gefälle haben, und hoch zuwellen. Hieraus folgt, dass die Steinbuhnen einer heftigen Strömung ausgesetzt zu sein pflegen, und daher fest construiert werden müssen. Ihr Körper darf sonach, wenn er auch mit einer Gerölledecke umschlossen wird, nicht aus seinem Material bestehen. Die Gefahr, dass das Wasser hindurchdringen und den Untergrund oder die Erde herauspühlen möchte, ist bei Buhnen viel grösser, als bei Uferdeckungen, indem bei gewissen Wasser-

ständen ein merkliches, und oft sogar sehr starkes Gefälle vor ihnen bildet. Die früher erwähnten Senkungen im Pflaster zeigen sich daher vorzugsweise bei Buhnen, die aus sehr leichtem Material aufgeschüttet sind. Um das Pflaster gegen anführen zu können, pflegt man die Krone der Buhnen mit Schüttungen von schweren Steinen zu umgeben, welche in der Nähe des niedrigen Wassers ein Banket ringsherum bilden und die eintretenden Vertiefungen in der Nähe nachstürzen und dadurch den Fuss sichern, ohne dass die Abpflasterung dabei leidet. Am grössten ist die Gefahr der starken Vertiefung an dem Kopfe der Buhne, und zwar um so grösser, je steiler dieselbe gehalten wird. Aus diesem Grunde pflegt man nicht den Kopf sehr flach, also etwa mit dreifacher Anlage aufzuführen, sondern ausserdem auch noch etwa eine Schachtruthe Stütz dem Ufer daneben aufzubewahren, um sogleich die Ergänzungen vornehmen zu können, wie die Schüttung nachzusinken anfängt.

Man hat bei den Steinconstruktionen den grossen Vortheil, dass man theils sehr flache Böschungen darstellen, theils auch die Kronen in beliebige Höhe legen kann, ohne darauf Rücksicht nehmen zu dürfen, dass Pflanzungen darin noch anwachsen können. Dieselben sind hier ganz entbehrlich, will man sie dennoch anbringen, so gedeihen sie selbst in grösserer Höhe über dem Wasser, als dieses in den aus Strauch aufgeführten Buhnen der Fall ist, weil letztere bei ihrer lockern Zusammensetzung während des niedrigen Wasserstandes weit stärker austrocknen als die Steinbuhnen. In diesen füllen sich sehr bald und gewöhnlich schon während des ersten Winters die Zwischenräume zwischen den Steinen sehr vollständig mit Sand und selbst thonigen Niederschlägen an (wenn der Strom solche mit sich führt), und das Weidengesträuch, das man in ihrer Krone pflanzt, gedeiht daher um so besser. Eine Folge dieser Anfüllung der Zwischenräume ist auch das Dichtwerden der Buhnen. Will man nämlich bei ihrem Bau die Anwendung von feinem Material vermieden hat, so pflegen sehr starke Wasseradern aus dem Oberwasser in das Unterwasser durch sie hindurch zu ziehn; man bemerkt dieselben an der untern Seite, wo sie oft als kleine Quellen heraustreten. Nachtheilige Folgen kann diese Erscheinung wohl nicht haben, indem einestheils das Material zu

als dass es durch die Strömung fortgeführt werden, und der dadurch leiden könnte, andererseits ist aber auch die Wasserge, welche auf diese Art dem Hauptstrome entzogen wird, viel unbedeutend, als dass jener sich dadurch merklich schwächen. Sobald indessen ein höherer Wasserstand eintritt, und gleich grosse Quantitäten von feinem Material durch den Strom abgeführt werden, so dringen diese in die Bohnen ein und liegen daselbst liegen: woher in dem nächsten Jahre alle jene Bohnen, die sich anfangs zeigen, vollständig verschwunden sind. In Fig. 98 a und b ist der Querschnitt und die Seitenansicht einer Buhne dargestellt, wie sie gewöhnlich an der unteren Ausführung werden. Man macht den Anfang mit den Steinbohlen, die das Werk umgeben. Sie werden unmittelbar auf der Strombette angebracht und bis zur Höhe des niedrigen Wassers heraufgeführt. Gleichzeitig wird der innere Körper der Buhne aus grobem Kies aufgeschüttet und zuletzt der obere Theil mit groben Bruchsteinen, gewöhnlich mit Thonschiefer gepflastert. Die Krone des Werkes hat eine Breite von 6 Fuss, die Böschung zur Seite erhalten gewöhnlich eine einfache Anlage, die ist dieselbe zuweilen, wenn ein starker Uebersturz des Wassers besorgt werden muss, auf der stromabwärts gekehrten Seite auch anderthalbfach. Der Kopf dagegen erhält mindestens eine zweifache und oft eine dreifache Anlage. Die aus der Steinbohlung gebildeten Bankete sind 2 Fuss breit. Das Pflaster wird reihenweise in gehörigem Verbande ausgeführt, und zwar so, dass die Reihen mit der Achse des Werkes parallel liegen. Bei den Steinbohlen ist ebenso, wie bei allen andern Bohnen der Kopf am meisten der Gefahr der Zerstörung ausgesetzt, und diese ist zugleich ein, wie das Pflaster herabstürzt. Von den Vorkehrungsmaassregeln, wodurch dieses vermindert werden kann, ist bereits die Rede gewesen. Ausserdem ist aber bei den Steinbohlen auch die Wurzel ein höchst gefährlicher Punkt, insofern die Erde im Ufer sich nicht mit den Steinen verbindet. Die Buhne wird leicht durch das neben den Steinen hindurchdringende Wasser fortgespült, worauf diese sich senken und eine Rinne bildet, welche bald an Breite und Tiefe zunimmt und das Werk vom Ufer trennt. Dieser Fall ereignet sich bei Steinbohlen häufiger, als bei denjenigen, die aus Strauch erbaut sind.

und dieses rührt ohne Zweifel davon her, dass bei den wenn vielleicht auch die Erde in gleicher Weise fortgespült dennoch die Faschinen nicht herabstürzen, noch auch das Werk sich in kleine Theile auflöst. Man kann indessen Durchbruch der Wurzel leicht vermeiden, wenn man die in der Art, wie Fig. 98 b zeigt, noch gegen das Höher etwas heraufführt, und wenigstens das Pflaster ansteigen. Man darf dabei indessen keinen vorragenden Rücken bilden, das Wasser beim Ueberstürze über denselben aufs Neue anlassung zum Angriff des Ufers finden würde: das Pflaster der Verlängerung der Krone muss vielmehr in das Ufer lassen werden. Eine Pflanzung pflegt hier aber noch sehr sam das Ausspülen der Steine zu verhindern.

Einigermassen ähnlich, aber in mancher Beziehung sorgfältiger, ist die Ausführung der Parallelwerke im zösischen Theile der Mosel. Fig. 99 zeigt diese Construktionsart. Auch hier schützen zwei Dämme aus schweren Steinen den innern Körper des Werkes. Diese Dämme ragen aber in das Strombett ein, damit nicht so leicht in Folge Vertiefung neben ihnen ein Nachstürzen der Steine besorgen kann. Der innere Körper des Werkes besteht aus dem groben Kiese, der auch gewöhnlich im Preussischen zu diesem Zweck angewendet wird. Wesentlich verschieden ist die Krone, welche aus keilförmig gearbeiteten Sandsteinen ganz mässig abgepflastert wird: dieses Pflaster lehnt sich gegen Widerlagssteine zur Seite, die in den äussern Flächen gearbeitet sind, und auf den Steinschüttungen ruhen. Die Sorgfalt, womit die Werke ausgeführt sind, rechtfertigt sich durch, dass sie nicht sobald, als die Bühnen dem starken Anstrome des Stromes entzogen werden, sondern wahrscheinlich auch noch fortwährend ausgesetzt bleiben werden. Die geringere Höhe steht aber einigermaßen mit der geringern Höhe im Verhältnisse. Die Krone ist 0,80 Meter (30½ Zoll) breit und erhebt sich 1,10 Meter (11½ Zoll) über das gewöhnliche kleine Wasser, die Seitenkette sind 0,30 Meter breit, und dieses ist auch die Stärke des Pflasters. Die Steinschüttung an der dem Strome zugewandten Seite wird 0,50 Meter (19 Zoll) in das Bett vorgelegt, gegenüberliegende etwa halb so tief. Die Art der Ausführung

nde: man stösst in der Richtung des Werkes, in der Entfernung von etwa 8 Fuss von einander, je zwei schwache Pfähle verbindet sie, wie Fig. 99 *b* zeigt, durch ein dagegen gelegtes Bohlenstück, und legt hierüber zwei Bohlen, welche eine kleine Brücke bilden. Nunmehr wird von dieser Brücke aus mit

Art von Handbagger der Kies von beiden Seiten herangeren und unter der Brücke aufgehäuft. Hierdurch bildet sich innere Kieskörper des Werkes, während die beiden Rinnen an den Seiten zur Versenkung der Steinschüttung dienen. Diese Arbeit wird ziemlich gleichmässig in der ganzen Länge des Werkes ausgeführt, und es geht aus der obigen Mittheilung über die Ausführung dieser Parallelwerke (§. 70) hervor, dass in dem abflossenden Theile des Strombettes das Wasser sich senkt, und sich über diesen niedrigen Damm stark überströmt. Dieser Zustand ist sehr günstig, denn dadurch wird alles feine Material ausgespült und es bleibt der grobe Kies ganz rein liegen. Bei der Ausführung der Steinschüttungen, sowie des Pflasters, nichts Besonderes zu erwähnen.

Ich gehe nunmehr zur Beschreibung der sogenannten Senkkasten über, einer Bauart, welche man im südlichen Deutschland namentlich in Baiern und in Oesterreich sehr häufig anwendet und zwar nicht nur bei Einbauen, sondern auch bei Uferbefestigungen, und selbst die Leinpfade sind oft auf grosse Längen in Senkkasten gelegt, wie dieses z. B. an der Traun der Fall ist. Fig. 100 *a* und *b* zeigt im Grundrisse und in der Seitenansicht einen solchen Senkkasten. Er besteht aus einer Umfassung aus starkem Holze, worin die Steinschüttung sich befindet; zur Ausführung dieser Constructionsart ist es daher nothwendig, dass das Holz, wie auch die Steine nicht theuer sein dürfen.

Die Senkkasten sind oben 12 bis 15 Fuss breit, ihre Länge richtet sich nach der der Stämme, doch erhalten sie etwa alle 10 Fuss eine Mittelwand. Die Neigung der Seitenflächen ist ähnlich so gross, dass der obere Rand um den sechsten Theil der Höhe des Kastens eingezogen wird. Die Construction ist einfach: die runden Holzstämme werden, nachdem sie in der erforderlichen Länge zugeschnitten sind, eingekerbt, so dass die überegelegten Stücke ein sicheres Lager erhalten. Die Verbindung durch Nägel ist sehr schwach und wird vorzugsweise

nur unten und oben angebracht. Die eingeworfenen Steine, welche zum Theil auf der innern Seite der Stämme liegen, geben vorzugsweise durch ihr Gewicht dem ganzen Zusammenhang. Es leuchtet ein, dass die sehr steilen eine grosse Vertiefung vor sich erzeugen müssen, aber der theil dieser Construction beruht oben darauf, dass der sich senken kann, ohne dass er dabei leidet. Selbst ein ungleichmässiges Versinken schadet wenig, und man sieht sie so stark übergewichen, dass die Wände nicht nur die Sicherung ganz verloren haben, sondern sogar überhängen, pflegt aber durch keilförmig zugehauene Hölzer die Oefen immer möglichst horizontal zu halten, sobald die Erhöhung selben nöthig wird. Pechmann führt an^{*)}, dass er gesehen hat, wie solche Kasten sich nach und nach bis 30 Fuss gesenkt, ohne dass ihre Festigkeit dadurch beeinträchtigt wäre.

Häufig benutzt man die Senkkasten als Bühnen, welche verbindet sie alsdann mit dem Ufer durch die sogenannten Uferbänke, deren Querschnitt Fig. 100 c dargestellt ist, während Fig. 100 d die Seitenansicht derselben zeigt. In Abständen von 10 bis 20 Fuss werden Pfähle senkrecht eingerammt, gegen welche man schwächere Pfähle nagelt, die schräge eingetrieben sind, so, dass ihr unteres Ende stromaufwärts gekehrt ist, sowie auch die senkrechten Pfähle werden auf der dem Strom zugekehrten Seite mit Latten benagelt, und der auf diese abgeschlossene Raum wird abwechselnd mit Faschinen oder mit Steinen angefüllt.

Die Höhe, bis zu welcher die Senkkasten, sowie die Bänke sich erheben, übersteigt gemeinhin das höchste Füllwasser um einige Fusse: sie haben daher wenig Dauer, und kann erwähnt werden, dass durch Constructionen dieser Art die gehörige Regulirung des Stromes nicht herbeigeführt werden. Sie dienen nur dazu, das Wasser an einzelnen Stellen zu halten und einzelne Ufer zu decken. Die Reparaturen sind sehr bedeutend, und doch zeigen diese Werke immer eine grosse Unregelmässigkeit und sogar ein baufälliges Aussehen.

^{*)} Practische Anleitung zum Flussbau von Pechmann. Wien 1825. Theil I. §. 44.

würden sie sehr grosse Unordnungen im Strome erzeugen, nicht die felsigen Ufer oder das schwere Geschiebe dieses ändern.

Es ist bereits erwähnt worden, dass man einzelne Steine selbst groben Kies vor dem Stosse des Wassers sicher stellen kann, wenn man grössere Massen derselben durch eine gemeinschaftliche Umschliessung mit einander verbindet. Dieses wird in vielen Fällen angewendet, und zwar gewöhnlich in der Art, dass man Strauchbündel oder Faschinen mit Steinen an-

Beim gewöhnlichen Faschinenbau verbindet man das Strauch ganz in Lagen, und bringt auf diese das erforderliche Beschwerungsmaterial auf, was jedoch in einem heftigen Strome grosse Schwierigkeiten hat. Im vorliegenden Falle dagegen wird die Faschine mit dem für sie erforderlichen Beschwerungsmaterial mittelbar versehen: man kann sie daher einzeln versenken, und sie sich auch immer legt, oder wohin der Strom sie auch hin mag, wenn sie Anfangs von demselben noch fortgerollt werden sollte, so trennt sie sich doch nie von ihrem Beschwerungsmaterial und dasselbe wird sie daher auf dem Bette des Stromes halten, sobald nicht etwa durch ihre Richtung oder durch das Fehlen der Sohle ein weiteres Fortrollen möglich bleibt. Man nennt solche Verbindungen Senkfaschinen. Sie erhalten sehr verschiedene Dimensionen und oft sind diese so geringe, dass durch nur leichtere Regulirungswerke gebildet werden, von denen später die Rede sein soll. Hier gebe ich die Beschreibung der grössern Senkfaschinen, welche ansehnliche Quantitäten Beschwerungsmaterial enthalten.

Die Senkfaschinen sind schon seit langer Zeit angewendet worden: eine höchst interessante Nachricht von ihrer frühern Anordnungsart befindet sich in dem Archiv zu Königsberg, ich theile dieselbe hier vollständig mittheilen. Die Verbindung zwischen der Frischen Haß und der Ostsee hatte sich im Anfange des sechzehnten Jahrhunderts bei Pillau eröffnet, das Fahrwasser wurde sich aber ein Jahrhundert später, wie es häufig geschehn ist, in einem für die Schifffahrt sehr ungünstigen Zustande, und war daher ernstlich darauf bedacht, es zu verbessern. Man ging dabei von der ganz richtigen Ansicht aus, dass die Ufer der

Meerenge oder des sogenannten Tiefen gehörig befestigt und aus dem Meere zu herausgeführt werden müssten, man schlug die Zäunungen und besonders das Versenken von Schiffen vor. Der Graf Abraham von Dohna empfahl dagegen die Anwendung der Senkfaschinen. Er berichtete unter dem 28. März 1624, dass er mit dem Baumeister aus Danzig über diesen Gegenstand einen Discursus gehabt habe, und derselbe der Meinung gewesen sei, man müsse hier mit Saltitzen*) gebaut werden. Man brauche die Aeste von grossen Fichten, in der Länge von etwa 10 Fuss, diese werden in Bündel gelegt, mit Feldsteinen angefüllt, und alsdann mit Weiden zusammengebunden. Die Steine wählen von der Grösse, dass sie sich mit einer Hand heben lassen, und die ganze Saltitze mache man so gross, dass die vier Mann, die daran arbeiten, sie noch handhaben können. Man lege die Saltitze entweder frei auf das Ufer, das man schützen wolle, oder man senke sie ins Wasser. Wo eine Grube oder Tiefe vorhanden ist, da sinken sie von selbst hinein, und wo wieder ein Hügel steht, da bleiben sie auch liegen, indem sie immer der Form des Grundes sich anschliessen: sie müssen aber nicht parallel, sondern schräge oder oblique gelegt werden. Mit solchen Saltitzen sei die Fahrt vor Ostende, als die Spanier die Stadt erobert hätten, gehemmt worden, so dass man mit trocknen Füssen übergehen könne. Es sollen dazu 300000 Saltitzen gebraucht seyn, dass jede einen Königsthaler gekostet. Der Danziger Baumeister hat auch am Weissen-Berge ein solches Werk erbaut, das bestanden geblieben sei. In Folge dieses Berichtes wurde die Anwendung der Saltitzen für Pillau beschlossen und unter dem 9. Juli 1624 die Lieferung des Strauches und der Steine in Verding gegeben, doch fehlen die fernern Nachrichten, und wahrscheinlich unterblieb der Bau, indem bald darauf der Schanplatz des dreissigjährigen Krieges sich in diese Gegenden zog.

Die Senkfaschinen werden sehr verschiedenartig gebaut, in vielen Fällen begnügt man sich damit, in die gewöhnlichen Faschinen einzelne faustgrosse Steine einzustecken, wodurch die Darstellung allerdings am einfachsten wird. Ich werde nur die

*) Ohne Zweifel hängt dieses Wort mit dem Italienischen *Salice* (Wurze) zusammen.

Methode speciell beschreiben, welche man bei den Durchbrüchen am Oberrhein zur Sicherung der neuen Ufer anwendete: scheint mir besonders zweckmässig zu sein, man hat sie auch an dem Französischen Ufer eingeführt^{*)}). Ich muss in dieser die Art der Anwendung dieser Faschinen vorher auseinander setzen, wie sie werden im Badenschen und Baierschen benutzt, um nur der Durchstiche zu decken. Sobald also der Abbruch des Ufers zu der vorher bestimmten und genau markirten Uferlinie gelangt hat, wird sogleich die Ausdeckung vorgenommen, und dabei jede Verzögerung zu vermeiden, so werden schon vorher an denjenigen Stellen, wo nur noch ein schwacher Rand für den Ufer bleibt, die Materialien beigebracht. Die Deckung besteht darin, dass die ganze Dossirung mit einer möglichst geschlossenen Reihe von Senkfaschinen bis über das kleinste Wasser bedeckt wird.

Dieselben liegen sämmtlich mit der Richtung des Stromes parallel, und zwar bilden sie Reihen, die normal gegen den Strom verlaufen sind, und von der Sohle des Bettes bis zur bestimmten Höhe am Ufer heraufgehen. Dadurch entstehen freilich durchgehende Fugen, welche jede Verbindung zwischen je zwei Reihen trennen. Diese Fugen kann man aber an sich nicht als besonderrachtheilig ansehen, da sie nicht in der Richtung des Stromes verlaufen, ausserdem aber ist der Mangel einer Verbindung zwischen zwei Reihen nur als vortheilhaft anzusehn, indem eben dadurch Herabrollen der einzelnen Faschinen erleichtert wird, und man annehmen darf, dass dieselben jedesmal nachstürzen werden, und vor dem Fusse eine Vertiefung eintritt. Man stellt die Faschinen auf, auf welcher die Faschinen gebunden werden, unmittelbar am Uferende und zwar parallel zu demselben auf. Sobald eine Reihe fertig ist, wird sie gleich herabgerollt, dasselbe geschieht mit der zweiten, dritten und so weiter, bis endlich die Reihe fertig ist. Alsdann erst wird die Bank versetzt, und man schiebt sie nicht nur um die ganze Länge der Faschine, sondern noch um 1½ Fuss weiter vor, damit die folgende Reihe nicht durch Vorhergehende gehemmt wird. Die Länge der Faschinen im Oberrhein beträgt 18 Fuss und ihre Stärke 3 Fuss: in Frank-

^{*)} In den *Annales des ponts et chaussées* 1833. II. pag. 70 ff. findet sich eine ausführliche Beschreibung dieser Senkfaschinen. Vgl. auch Ingenieur, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

reich machte man sie nur 4 Meter oder 12½ Fuss lang bei einer Stärke von 2½ Fuss.

Die Bank ist in Fig. 114, Taf. XXXVIII. dargestellt: schwache Bäume oder zwei Stücke Kreuzholz von der Länge, welche die Senkfaschinen erhalten sollen, werden parallel und einander im Abstände von etwa 2 Fuss auf den Boden gelegt. Man sichert ihre Stelle dadurch, dass acht kleine Pfähle, nämlich zwei an jeder Seite jedes Baumes und zwar in der Nähe des Enden derselben, in den Boden eingetrieben werden. Hier schlägt man wieder in Abständen von etwa 2 Fuss an beiden Seiten schräge Pfähle ein, die sich gegen die ersten stützen, und an diesen eine sichere Stütze finden, woher es nöthig ist, sie besonders fest im Boden einzuschlagen. Sie werden auch an der dem Strome zugekehrten Seite jedesmal beim Herlassen der Faschine angezogen werden, daher ist es nicht unmässig, sie fester zu stellen, als gerade nöthig ist. Neben ein Paar dieser Pfähle legt man sodann einen Riegel, und auf diese Weise bildet sich eine Rüstung, worin man bequem die Arbeit der Faschinen vornehmen kann. Um aber hierbei ein gewisses Maass für die Länge zu haben, so wird an jedem Ende ein Pfahl vorgeschlagen, der bis gegen die Mitte der ersten Faschinen heraufreicht. Fig. 114 b zeigt den Grundriss, a den Längendurchschnitt und c den Querdurchschnitt der Rüstung.

Um die Senkfaschine zu binden, legt man für die in der Zeichnung angegebenen Dimensionen sechs Stück gewöhnliche Faschinen in diese Rüstung, und zwar so, dass die Sturzen von je drei Faschinen an jedem Ende nach aussen gekehrt sind. Sie werden aufgeschnitten und die Sturzenden werden sorgfältig soweit eingestossen oder herausgezogen, dass sie in die Vertiefungen treffen, welche durch die beiden äusseren Pfähle markirt sind. Nun breitet man das Strauch gehörig aus über den Boden und die Seiten, so dass ein gleichmässiges Bett sich bildet. Die Oeffnungen an den Enden des Bettes werden durch Pfropfen mit kurzem Strauche geschlossen, und wenn dieses geschehen ist, schüttet man gereinigten groben Kies hinein. Zum Füllen einer solchen Faschine gehören nahe 20 Cubikfuss. Man breitet den Kies recht gleichmässig aus und legt endlich noch vier Faschinen darüber, die eben so wie die ersten aufgeschnitten und mit

enden nach aussen gleichmässig über den Kies vertheilt sein. Nachdem man die Umhüllung mit Strauch auf diese so recht sorgfältig ausgeglichen hat, werden starke Bänder Haselnuss, Eiche, Esche oder einer andern harten Holzart, in Abständen von 1 Fuss umgelegt. Ueber die Zurichtung dieser Bänder soll später bei Gelegenheit des Faschinenbaues Rede sein, hier will ich nur das Aufbringen derselben bezeichnen. Beim Herabrollen der Senkfaschinen kann es nicht sein, dass sie starke Stösse erleiden, wobei sie wegen ihres grossen Gewichtes leicht beschädigt werden und wohl gar brechen können. Sie müssen daher recht fest verbunden sein: diese Bindung erhalten sie aber allein durch die umgelegten Bänder. kommt also darauf an, diese recht fest anzuziehen, was durch ungegebene Wahl der Holzart möglich geworden ist.

Bevor ein Band aufgelegt wird, schnürt oder würgt man Faschine dicht neben der Stelle, wo sie gebunden werden, sehr stark zusammen, und dieses geschieht mittelst der in Fig. 114 d dargestellten Vorrichtung. Ein starkes Tau, oder das sich bald durchschneuert, besser eine Kette, wird um die Faschine geschlungen und durch die Ringe an den Enden steckt in einen starken Hebel von 6 Fuss Länge. Jeder Hebel wird von einem Arbeiter recht kräftig herabgedrückt, während ein zweiter Arbeiter mit einem schweren hölzernen Hammer auf die Faschine und zwar dicht neben der Kette aufschlägt: dieses geschieht nicht nur oben, sondern auch zur Seite, so weit es durch den Hebel und die Rüstung nicht verhindert wird. Das Schlagen befördert wesentlich die Compression des Strauches und das feste Anlegen desselben an die Steine, sowie auch die gehörige Verdichtung der Füllung, woher dieses eine sehr wichtige Operation ist. Dicht neben der Kette legt man alsdann das gehörig bereitete Band auf, in ganz gleicher Weise, wie beim Binden der Wärate, was später beschrieben werden soll. Das Band kann natürlich nicht so fest angezogen werden, wie es mit der Kette geschieht, aber man hilft auch hier durch Aufschlagen mit dem Hammer nach, um es möglichst auszuziehen, und wenn die Faschine nach Abnehmen der Kette sich auch etwas wieder ausdehnt, so ist dennoch eine solche Spannung vorhanden, dass dadurch eine grosse Festigkeit erreicht wird. Man pflegt zuerst das

mittlere Band aufzulegen, alsdann aber die äussersten, wovon man zuerst nach der Mitte zurück. Die Ränder so eingerichtet, dass man die Kette und eben so auch die mit Leertungen durchziehn kann, und indem gleichzeitig zwei Bänder umgelegt werden, wozu man, wenn die Bänder vorherrieth sind, nur etwa eine halbe Minute braucht, ist die vollständige Anfertigung einer Senkfaschine in 16 Minuten beendet. Dabei werden sieben bis acht Arbeiter beschäftigt. Sobald alle Bänder aufgebracht sind, zieht man schrägen Bäume der Bank auf der Stromseite heraus, und mittelst untergestreckter Hebel die Senkfaschine bis über den Rand, von wo aus sie von selbst auf der steilen Donau Bewegung fortsetzt. Fig. 115 a zeigt die Senkfaschine in Seitenansicht, b im Längendurchschnitt und c im Querschnitt.

Wenn man statt des Kiesel grössere Steine benutzt, so ist die sorgfältige Vorbereitung der Struchbettung weniger nothwendig: man kann daher in Folge die Rüstung oder die Bank ohne Nachtheil entbehren, es genügt, statt derselben nur die Querschwellen in Abständen von 2 Fuss zu verlegen. Auf diese Art sind auch die Senkfaschinen erbaut, welche man am Unterrhein bei Wesel hat. Dieselben sind 20½ Fuss lang und 3 Fuss stark, und ihr körperlicher Inhalt eine Schachtruthe misst. Sie wurden mit Basalten, theils aber, wo sie weniger dem Strom ausgesetzt waren, mit Sandsteinen und in andern Fällen auch mit Kalksteinen gefüllt. Man rechnet auf jede derselben zwanzig Stück Fuss und eine halbe bis zwei drittel Schachtruthe Steine.

Sehr wichtig ist es immer, dass die Senkfaschinen weit gerollt werden, weil sie dabei sehr leiden: man muss daher unmittelbar neben der Stelle, wo sie versenkt werden, auch anfertigen, und besonders ist dieses nothwendig, wenn man weniger Vorsicht als hier beschrieben wurde, gebrauch macht, und man vielleicht das Würgen ganz unterlassen kann.

Man wendet die Senkfaschinen nach häufig zu andern Zwecken, als zur Uferdeckung. So werden sie z. B. bei den im Rheine ausgeführten Coupirungen der Rheinarme zur Vertheidigung der Dämme benutzt, und in gleicher Weise sind sie beim Bau der Schwelle oder des Grundwehrs im Bunde

angewendet. Im letzten Falle war es noch Absicht, sie zweizeig quer durch den Strom zu legen, und zu diesem Zwecke man ein Schiff, auf welches sie vom Ufer aus herüber-
bracht wurden, neben der Stelle vor Anker, wo sie versenkt zu sollten, und liess sie auf zwei eisernen Stangen, die schräge das Schiff gelehnt waren, an umgeschlungenen Tauen herab.
regelmässig versenkt sein mögen, ist bei der grossen Tiefe heftigen Strömung schwer zu untersuchen. Bei den Con-
gen am Oberrhein geschah die Versenkung auf eine ganz te Art. Um zu verhindern, dass sie nicht etwa längs dem abette fortrollen möchten, verband man je drei Faschinen aufgehundene Bäume zu einer grössern Fläche, welche all sicher liegen musste. Das Versenken geschah folgender-
essen. Ueber zwei Schiffen war ein Rüstboden angebracht, welchem die Faschinen angefertigt wurden; die Schiffe bo-
den sich aber nicht, sondern liessen zwischen sich einen freien von 17½ Fuss Breite. Eine quadratische Oeffnung von dieser Länge und Breite befand sich im Rüstboden über freien Raume, und wurde durch eine Klappe geschlossen, die sich um eine horizontale Achse drehen konnte, die von dem Schiffe zum andern herüberging. Die Klappe war während Zusammensetzung der Faschinen geschlossen und durch vor-
gehobene Riegel in ihrer Lage ganz sicher gehalten. Sobald drei Faschinen fertig waren, rollte man diese auf die Klappe zwar so, dass ein geringes Uebergewicht nach der strom-
wärts gekehrten Seite sich bildete. Alsdann verband man die Faschinen in der beschriebenen Weise mit einander, und indem dieses geschehn, schlug man die Riegel zurück. Die Klappe drehte sich alsdann, und die Faschinen glitten auf ihr ab und stürzten in den Strom. Die Strömung war indessen heftig, dass sie nicht lothrecht herabfielen, sondern ziemlich weit getrieben wurden, bevor sie den Grund erreichten. Indem man Schnur an sie befestigte, konnte man sich davon überzeugen, wie sie lagen, und hiernach die Stellung des Schiffes so ver-
ändern, dass die folgenden an die gehörige Stelle kamen. Man übete auch noch ein eigenthümliches Verfahren an, um je zwei über Systeme von Faschinen nahe an einander zu bringen: es be-
stand nämlich an einer der äussern Faschinen eine feste Oese

aus Weidenruthen angebracht, durch diese zog man ein starkes Tau, dessen beide Enden man im Schiffe am es später wieder zurückziehen zu können. An dem Seilende befand sich wieder an einer der äussern Fächer eineöse und durch diese wurde das eine Ende jenes Taues hindurchgezogen und scharf angespannt, damit dieses über dem Tau herabgleiten möchte. Nachdem die Verbindung geschehn war, wurde das Tau zurückgezogen, so dass auf diese Weise die Verbindungen von je drei Fächern regelmässig neben einander zu legen, doch ist es zweifelhaft, ob dieses wirklich erreicht sei.

Bei Ausführung derselben Coupirungen am Oberrhein hat man noch eine andere Methode an, um den Kies in Massen zusammen zu halten. Es wurden nämlich Senken, das heisst Kasten von verschiedener Form aus Flechtruthen gebildet, die man mit Kies anfüllte und alsdann versenkte. Fig. a, b und c stellt einen solchen Kasten in der Form eines rechteckigen Prismas in der obern und in beiden Seitenansicht und zwar zeigt die eine Hälfte der Figur jedesmal die Ansicht, und die andere den Durchschnitt. Diese Senken waren 2 Meter ($6\frac{1}{2}$ Fuss) lang, 1 Meter ($3\frac{1}{2}$ Fuss) breit und 0,6 Meter (23 Zoll) hoch, Alles im Lichten gemessen. Sie hatten daher 1,2 Cubikmeter oder 39 Cubikfuss. Ihre Anfertigung geschah in der Art, dass man die vier Seitenwände in einem Kasten den Boden und Deckel aber besonders bildete. Man steckte Stäbchen, welche umflochten werden sollten, mit ihren zugespitzten Enden senkrecht in den Erdboden und zwar im Abstand 0,15 Meter oder $5\frac{1}{2}$ Zoll von Mitte zu Mitte. Sodann legte man die Weidenruthen herum, und stellte dadurch jeden der drei Theile in den erforderlichen Dimensionen dar, doch wurde der Deckel eine Oeffnung freigelassen, die zur Füllung dienlich so gross war, dass man den Arm noch bequem hindurchführen konnte. Die Oeffnung bildete sich sehr leicht, indem man die Flechtruthen vor derselben, nachdem die letzte Sprosse angesetzt war, wieder zurückzog und in entgegengesetzter Richtung weiter führte. Hierauf wurden die zugespitzten Sprossen der Seitenwände durch den Boden und zugleich durch den Deckel des Korbes hindurch gestossen, und über und unter den langen

wei Stübe durch Weidenbänder mit einander verbunden. Als-
 'war der Senkkorb fertig, und man stellte ihn auf die Klappe
 them den beiden Schiffen, wovon schon die Rede war. Hier
 man ihn mit gereinigtem Kies an, und schob zuletzt durch
 freigebliebene Oeffnung, die etwas länger als breit war, noch
 Stück Flechtwerk ein, welches diese Oeffnung reichlich schloss,
 durch Weidenruthen festgebunden wurde, die man schon vor-
 zu diesem Zweck daran befestigt hatte.

Der in Fig. 117 dargestellte Senkkorb, der mit dem ersten
 iche Länge hat, ist etwas fester als jener, indem seine drei
 gen Seiten im Zusammenhange geflochten sind. Am einfachsten
 der Construction und zugleich am festesten ist jedoch der in
 118 a im Querschnitt und 118 b in der Seitenansicht
 im Längendurchschnitt dargestellte Senkkorb. Zehn starke
 eige von 3 Meter oder 9½ Fuss Länge bindet man an ihren
 Enden fest zusammen. Alsdann schiebt man einen hölzernen Reif
 von etwa 20 Zoll Durchmesser in der Mitte zwischen diese
 eige ein, und vertheilt dieselben recht gleichmässig auf seinem
 Ringe. Nunmehr umflicht man wieder mit Weidenreisern von
 den Enden aus nach der Mitte hin diese Zweige: dabei wird
 die Oeffnung zum Füllen frei gelassen, welche auch zur Vollen-
 dung des Flechtens nothwendig ist. An beiden Enden des Korbes
 man indessen das Flechtwerk nicht weit genug fortsetzen,
 einen gehörig dichten Schluss hervorzubringen, man schiebt
 zu diesem Zweck von innen noch Stroh-Büschel ein, welche
 das Herausfallen des Kiesel verhindern. Vor der Füllung stösst
 man endlich zwei Stöcke durch den Korb, wie die Figur zeigt,
 um zu verhindern, dass er nicht etwa durch den Strom fortgerollt
 werden möchte. Die Füllung mit Kies erfolgt wieder in der
 beschriebenen Weise.

Es entsteht die Frage, ob die beschriebenen Senkkörbe so
 sind, dass sie wirklich den eingefüllten Kies zusammenhalten,
 ob sie nicht vielleicht gleich beim Herabstürzen vollständig
 schädigt werden. Da ihr Gewicht bei der vierseitigen pris-
 matischen Form gegen 40 Centner beträgt, so sollte man das
 in der That vermuthen. Defontaine giebt an, dass nur
 der zwanzigste Theil von der ganzen Anzahl der Körbe be-
 schädigt worden sei, und auch diese wären nicht verloren, sondern

516 X. Regulirung d. Ströme. 74. Stein-Constructie

man hätte sie, nachdem der Kies herausgefallen, wieder zu fangen und aufs Neue gefüllt. Im Badenschen erzählte man dagegen den Verlauf der Sache ganz anders, und wiederholte ich die Behauptung, dass, so oft man Körbe versenkt, dieselben in grosser Menge dem Rhein herabgeschwommen gegen die Ufer getrieben wären, so dass grosse Massen gesammelt und als Brennholz verbraucht worden seien.

Eine andere Methode, den Kies zu grössern Massen zu binden, besteht darin, dass man Mörtel hinzusetzt und Bêton verwandelt. Dieses Verfahren, welches ohne Zweifel weit grössere Sicherheit als das zuletzt beschriebene gewährt, man bei dem Hafenbau in Algier angewendet. Bei Strom ist davon wohl nie Gebrauch gemacht worden.

Ende des ersten Bandes vom zweiten Theil.

H a n d b u c h
der
V a s s e r b a u k u n s t

von

Dr. G. Hagen,
ien Ober-Baurath und Mitglied der Academie der Wissenschaften
in Berlin.

Zweiter Theil:

D i e S t r ö m e.

Zweiter Band mit 18 Kupfertafeln.

Zweite Auflage.

Königsberg in Preussen
i den Gebrüdern Bornträger.
1854.

1. The first part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

2. The second part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

Inhalts-Verzeichniss

vom zweiten Bande des zweiten Theiles.

abschnitt XI. Regulirung der Ströme (Fortsetzung)

	Seite	1
1. Packwerksbau im Allgemeinen	3	
2. Material des Packwerksbaues	8	
3. Anordnung des Packwerksbaues	25	
4. Ausführung des Packwerksbaues	41	
5. Sicherung des Packwerksbaues	70	
6. Schlickfänge	94	
7. Pflanzungen	105	
8. Strom-Durchstiche	115	
9. Coupirungen	136	

abschnitt XII. Stau-Anlagen

1. Anordnung der Stau-Anlagen	159
2. Massive Wehre	161
3. Halbmassive Wehre	168
4. Hölzerne Wehre	183
5. Freiarchen	186
6. Bewegliche Wehre	198
7.	218

abschnitt XIII. Vertiefung des Fahrwassers

1. Baggerung	241
2. Auflockern des Grundes	243
3. Besätigen der Baumstämme, Steine u. dergl.	248
4. Sprengen der Felsen	261
5. Taucher-Apparate	317
6.	348

Abschnitt XIV. Schiffahrts-Anlagen . . .	Se
§. 95. Die Flussschiffahrt	
§. 96. Ueberwindung starker Gefälle	
§. 97. Leinpfade	
§. 98. Sonstige Schiffahrts-Anlagen	
§. 99. Holz-Flösserei	

Zur Nachricht.

Der zweite Theil dieses Werkes wird noch in einem dritten fortgesetzt werden, der dritte Theil dagegen, die Bauten an betreffend, wird nur aus einem Bande bestehen.

Elfter Abschnitt.

g u l l i r u n g d e r S t r ö m e .

(Fortsetzung.)

den Zweck der Strauchpflanzungen zu sichern, müssen daher alle zwei bis vier Jahre abgetrieben werden, und bei gewonnene Material deckt in vielen Fällen den ganz darf zur weiteren Fortsetzung der Strombauten oder liefert stets einen grossen Theil desselben.

Demnächst ist der Faschinenbau, wenn er mit Vorzug geführt wird, keinesweges als eine zweifelhafte und leistungsfähige Constructions-Art anzusehen. Die Buhnen und deckwerke aus Faschinen bilden vielmehr, der Feinheit der Materials unerachtet, eine fest verbundene Masse, welche während der äussern Flächen vom Strome angegriffen und vom Eise abgerissen wird, die aber nicht leicht durchbrochen werden kann, wenn der Strom in Folge eines besonders starken Angriffes an einzelnen Stellen vertiefte Rinnen gebildet hat, so setzt die Zerstörung doch nur langsam fort, und wenn man die Reparatur nicht unterlässt, sobald der Wasserstand sie erlaubt, so können diese Werke viel leichter vor einem Durchbruche sichern, massiven, deren Zerstörung sehr schnell und oft plötzlich erfolgen pflegt, wenn zufällig die abgeplasterte Derke gelöst wird.

Die erwähnten Umstände haben dem Faschinenbau den allgemeinen Eingang verschafft, und der kräftige Widerstand, den besonders neue Werke aus Faschinen dem Angriffe des Stromes und Eises entgegensetzen, hat vielfach jede Besorgniss auf ihre Dauer unterdrückt. Nichts desto weniger stellt sich solche nach Verlauf einiger Jahre als sehr begründet dar, nämlich nur feines Beschwerungsmaterial die Faschinen, so bemerkt man bald, dass die Köpfe der Buhnen und auch ihre Seitendossirungen von dem vorbeistreichenden Wasser und Eise angegriffen werden; besonders leiden dabei die höchsten Theile oder die Kronen der Werke ohne besondern Schutz gar nicht zu halten sind. Diesem giebt man ihnen gemeinhin durch Bepflanzung mit Weiden und dasselbe scheint auch anfangs vollkommen zu genügen, nicht etwa anhaltendes Hochwasser oder ein langer bei niedriger Wasserstand zum Absterben der jungen Pflanzungen Anlassung giebt. Doch auch wenn diese ungünstigen Fälle eintreten, so ist es unmöglich, die Strauchpflanzung auf den für die Dauer regelmässig zu erhalten. An einzelnen Stellen

durchbrochen, während sie an andern, wo der Strom mässiger
ppig fortwächst und zur Ablagerung von grossen Sandmassen
lassung giebt, die sich bald weit über die ursprüngliche
der Buhne erheben, und indem das Strauch immer von
durch den Sand hindurchwächst und sich darin weiter
eitet, so entstehen Unregelmässigkeiten, die oft eben so gross
als diejenigen, welche man durch die Stromregulirung be-
en wollte. Dazu kommt noch, dass die Köpfe der Buhnen
und nach immer steiler werden und abbrechen, folglich die
mässige Beschränkung des Strombettes mit der Zeit ver-
ndet, und man nach zehn oder fünfzehn Jahren gezwungen
ieselbe Stromstrecke aufs Neue zu verbauen.

Wenn diese Darstellung mit derjenigen Ansicht im Wider-
steht, die vor einigen Jahrzehenden ganz allgemein an-
nimen war, und die auch heute noch viele Anhänger hat, so
ich nur auf die Thatsache hinweisen, dass diejenigen Ströme,
solchen jene günstigen Erwartungen eben die Bestätigung ge-
n haben sollen, auch jetzt noch nicht regulirt und selbst an
Stellen, wo man die Werke gebaut hat, grossentheils wieder
verwildert sind. In Holland zeigt sich derselbe Erfolg.
man dort bei Anlage der Buhnen auch nicht die Absicht
den Strom zu reguliren, und vielmehr nur die Ufer decken
die Doiche schützen will, so wird dennoch auch dieser be-
akte Zweck nur dadurch erreicht, dass man jährlich sehr
ende Reparaturen vornimmt und die Werke nach wenig
vollständig erneut.

Der Faschinenbau steht noch in anderer Beziehung der Stein-
struction nach. Wenn man ihn ganz rein und ohne Anwendung
Steindecke durchführen will, so müssen die Kronen der
in einer solchen Höhe liegen, dass die Buschpflanzung
denselben weder aus Mangel an Feuchtigkeit, noch auch in
anhaltender Ueberfluthungen abstirbt. Durch diese Bedin-
gen wird ihre Höhe auf so enge Grenzen beschränkt, dass
in vielen Fällen die Werke gar nicht so tief herab, oder
mit herauf führen kann, wie es nach den oben (§. 73) ent-
elten Regeln Behufs der Stromregulirung erforderlich ist.

Endlich lässt sich der gewöhnliche Faschinenbau nur bei
rigem Wasserstande, das heisst bei einem solchen ausführen,

der die beabsichtigte Kronenhöhe noch nicht erreicht, der heftiger Strom erschwert ihn oft selbst in diesem Falle unordentlich, wogegen das Versenken der Steine zur Darstellung des innern Körpers der Werke auch bei höherem Wasser in starker Strömung ausführbar ist.

Ohnerachtet dieser Uebelstände ist der Faschinenbau bei Stromregulirungen so wichtig und häufig so nothwendig, eine genaue Beschreibung desselben nicht umgangen werden. Wenn man aber die aus Faschinen erbauten Werke nicht bloss, sondern sie durch eine Steindecke schützt, oder wo möglich Krone und den obern Theil der Dossirungen abpflastert, so schwindet nicht nur der grösste Theil der erwähnten Mängel, sondern man erreicht hierdurch sogar mehr Festigkeit und Dauerkeit, als wenn die Buhne im innern Körper nur aus Kies besteht.

Das Strauch- oder das Faschinenholz hat ein so spezifisches Gewicht, dass es ohne weitere Belastung angewendet werden darf. Es ist ausserdem aber auch nöthig, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Reiseren sogleich zu füllen, um das Durchfliessen des Wassers durch das Werk zu verhindern, wodurch die Festigkeit des dünnen Holzes leiden würde. Es muss sonach jedesmal ein feineres oder gröberes Beschwerungs-Material beim Faschinenbau in Anwendung kommen. Dieses kann auf verschiedene Weise geschehen. Das Beschwerungs-Material wird nämlich entweder in jedes Strauchbündel mit eingebunden. Dadurch entstehen die sogenannten Faschinen, von welchen schon die Rede war (§. 74). Man kann aber auch grosse Massen von Strauch auf besondern Rähmen mit einander verbinden, die auf dem Wasser schwimmend zur Baustelle geführt und durch aufgeworfene Steine oder anderes Material versenkt werden. Dieses sind die Senkstücke, welche ich beim Seebau beschreiben werde, weil sie vorzugsweise an Meeresküste Anwendung finden. Endlich verbindet man die Faschinen auf der Baustelle selbst zu dünnen Lagen und nennt diese, wobei man gewöhnlich ein feines Beschwerungs-Material wählt. Die letzte Methode findet bei Stromregulirungen keine Anwendung und man nennt sie Packwerksbau. Auf solche Weise erbauten Werke, mögen es Buhnen oder Uferdeckwerke sein, heissen Packwerke.

Die wichtigsten Rücksichten dabei sind:

Erstens muss das ganze Werk an allen Seiten, soweit es nöthig, gehörige Böschung erhalten und darf sich nirgend steil aufrichten.

Zweitens müssen die Faschinen möglichst parallel auf einander liegen. Man vermeidet dadurch Höhlungen im Innern und hat noch den Vortheil, dass die einzelnen Reiser vielfach in einander greifen und sich förmlich verfilzen.

Drittens dürfen die einzelnen Lagen beim Versenken nicht schief oder, wie man zu sagen pflegt, auf den Kopf gestellt werden, wobei das Beschwerungs-Material herabfallen würde.

Viertens endlich muss jede folgende Lage die vorhergehende vollständig überdecken, um das Abtreiben des Beschwerungs-Materials durch den Strom zu verhindern. Diese letzte Bedingung vereinigt sich mit der ersten nur dadurch, dass man die Enden der Faschinen nach aussen legt.

Man findet schon in ältern Schriften über den Strombau die Andeutung dieser Erfordernisse; das methodische Verfahren, wodurch denselben möglichst genügt wird, kam indessen in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts, und zwar am Niederrhein zur Anwendung. Im Jahre 1750 setzte Wasserbaumeister Bilgen ausführlich auseinander, dass die alten steilen Packwerke, welche das Ufer vor Wesel sichern, gar keinen nachhaltigen Erfolg hätten, und man daher zweckmässigere Methode wählen müsste. Er schlug selbst ein anderes Verfahren vor, welches sich von dem früheren vornehmlich dadurch unterscheidet, dass die Lagen nach dem Versenken möglichst wenig geneigt sind und das ganze Werk eine gute Böschung erhält. Die Aenderung war so bedeutend, dass manche Zweifel dagegen erhoben sein mögen. Friedrich II. suchte selbst den Gegenstand bei seiner nächsten Anwesenheit in Wesel und genehmigte Bilgen's Vorschlag. Seit dieser Zeit wurden die dortigen Bauten darnach ausgeführt und es ist dem eigentlichen Packwerksbau seitdem keine wesentliche Aenderung eingeführt worden.

Die verbesserte Constructionsart scheint indessen nicht sobald aufgegeben worden und auf andere Ströme übertragen zu sein.

Silberschlag *) behandelt in seiner Hydrotechnik, die er später erschien, den Faschinenbau so kurz, als ob es auf die Frage, wie die Faschinen ausgeworfen und die Lagen angeordnet werden, gar nicht ankäme. In derselben Zeit machte Schemmeltz eine Reise durch das nördliche Deutschland und erklärte **) die Methode, die er von Uerdingen abwärts bis an die Holländische Grenze gesehen, für die Hauptschule des Strombaues. Die Methode, die er empfiehlt und speciell beschreibt, ist, wie er selbst sagt, eine andere, als diejenige, welche er hier kennen lernte und die er in Bilgen eingeführt hatte, dessen er auch erwähnt. Ausführlicher und in mancher Beziehung viel vollständiger als Schemmeltz beschreibt Eytelwein ***) dieselbe Constructionsart beschrieben und hat den ganzen nördlichen Deutschland allgemeinen Eingang verschafft.

In Holland ist eine wesentlich verschiedene Methode gebräuchlich, die im Allgemeinen wohl ohne Zweifel der unsrigen sehr ähnlich ist, und nur Anwendung finden kann, wenn der Strom sehr mächtig und die Einbaue abwärts oder declinant gerichtet sind, oder wenn sie sogar parallel zum Strome längs dem Ufer hinziehen. In diesen Fällen ist desto weniger ist diese Bauart in mancher Beziehung dorthin zu übertragen, und einzelne Theile derselben dürften unter Umständen Vorthell nachzuahmen sein: ich will daher auch ihre Beschreibung später folgen lassen.

§. 76.

Material des Packwerksbaues.

Unter den verschiedenen Materialien, die zum Packwerksbau erforderlich sind, verdient das Strauch zunächst Erwähnung. Die einzelnen Reiser müssen nicht zu kurz sein, weil ihre Verbindung sonst zu unsicher ausfallen würde. Sie dürfen weder verfault, noch verrottet, noch auch besonders spröde sein, damit sie gebogen werden können, ohne zu brechen. Es ist

*) Ausführlichere Abhandl. der Hydrotechnik. I. Theil. 1772.

**) Abhandlung über die vorzüglichste Art, an Flüssen und Bächen zu bauen. Wien 1782.

***) Praktische Anweisung zur Construction der Faschinen. Berlin 1800.

heilhaft, wenn das Strauch dem Drucke leicht nachgibt, und sich an allen Stellen durchbiegt, wo es nicht vollständig unterlegt ist. Hierdurch gelingt es am sichersten, alle Höhlungen und freien Räume im Werke auszufüllen. Dieses ist der Grund, weshalb keine dicke Aeste zugleich mit dem Strauche verpackt werden dürfen.

Die sämmtlichen Holzarten sind zwar nicht gleich brauchbar, doch giebt es wohl keine, welche man als ganz unbrauchbar im Faschinenbau verwerfen müsste. Die Festigkeit und Dauerhaftigkeit ist besonders zu beachten; wenn indessen das Werk fertig ist, und sich vollständig gesetzt hat, auch vom feinen Beschwerungs-Material ganz durchzogen ist, so dient das Holz nur dazu, um den unmittelbaren Angriff des Stromes abzuweisen und das eingeschlossene Beschwerungs-Material zusammen zu halten, während dieses durch sein Gewicht dem Drucke und Stosse von Wassers und Eises Widerstand leisten muss. Hat man ausserdem das Werk mit einer Steindecke umgeben, so kommt die Festigkeit des Holzes noch weniger in Betracht: sie wird nur in Betracht genommen, wenn die Decke durchbrochen werden sollte. Auch die weichen Holzarten behalten während einer langen Reihe von Jahren genügende Festigkeit, wenn sie immer nass bleiben und zugleich dem unmittelbaren Angriffe des Stromes nicht ausgesetzt sind, oder vom fliessenden Wasser nicht berührt werden.

Man überzeugt sich hiervon leicht, wenn man gezwungen ist alte Faschinenwerke aufzureissen.

Aus den angeführten Gründen wird das Weidenstrauch ganz gemein als ein durchaus brauchbares Material zum Packwerksangelegen. Andere weiche Holzarten, wie Ellern, Pappeln, Eichen u. dergl. dürften der Weide aber nur in sofern nachstehen, wie etwas spröder sind. Hauptbedingung bleibt es indessen bei Anwendung jedes weichen Holzes, dass das Strauch frisch gebraucht werden muss, weil die Sprödigkeit, die es beim Trocknen annimmt, sehr nachtheilig wirkt und beim unvermeidlichen Biegsogleich ein Brechen veranlasst. Hat das Strauch aber Monate lang und besonders in heisser Witterung gestanden, so tritt jedem weichen Holze noch ein anderer viel grösserer Uebelstand ein: dem Zutritt der Luft entzogen verrottet es nämlich in dicht aufgestellten Faschinen-Haufen. Es geschieht als-

dann wohl, dass die Faschinen schon beim Aufheben zerbrechen. Ein solches Material lässt sich nur noch an denjenigen Stellen benutzen, wo keine Strömung stattfindet, wo man daher die Sandschüttung auch unmittelbar und ohne Anwendung von Straken vornehmen könnte.

In dieser Beziehung zeigen die harten Holzarten, wie Eiche, Buchen, Birken, Haselnuss und andere einen wesentlichen Vorzug. Sie verlieren zwar auch einen Theil der Biegsamkeit und Zähigkeit, die sie im frischen Zustande hatten, aber sie behalten länger den erforderlichen Grad der Festigkeit. Man thut also wohl, in solchen Fällen, wo der Eintritt des günstigen Wasserstandes sehr unsicher ist, nur hartes Holz zu wählen.

Ein anderer Umstand, der bei der Wahl des Holzes in Betracht kommt, bezieht sich auf die grössere oder mindere Dichtigkeit, welche es beim Verpacken annimmt. Wenn die Dimensionen der einzelnen Reishündel oder Faschinen dieselben sind, so enthält die Faschine aus Weidenstrauch eine viel grössere Menge Holz als die aus Eichen- oder Buchenzweigen gebundene. Dieses rührt davon her, dass die Nebenzweige der letzten Holzarten nahe an einem rechten Winkel vom Hauptzweige ausgehen, während bei Weidensträucher beide nur wenig divergiren. Hiernach fallen die im Strauche bleibenden hohlen Räume bei verschiedenen Holzarten verschieden aus, und jedenfalls ist das zum Ausfüllen derselben erforderliche Quantum Beschwerungs-Material um so grösser, je grösser sie sind. Wenn das Packwerk aber in starken Lagen ausgeführt wird, und jene Zwischenräume sich daher nicht gefüllt füllen können, so erfolgt ein weit stärkeres Setzen des ganzen Werks, oder man braucht eine grössere Anzahl Faschinen, wenn dieselben aus Buchen oder Eichen, als wenn sie aus Weiden, Pappeln, Haselnuss und dergleichen Holzarten bestehen. In Bezug auf die Festigkeit des fertigen Baues darf man die im einzelnen Reishündel befindlichen vielen Zwischenräume nicht gerade nachtheilig ansehen, indem der hineindringende Sand durch sich kreuzenden Zweige eben so sicher geschützt wird. Man darf indessen die Lagen nur eine geringe Dicke erhalten, muss aber dennoch beim Auftreten der Arbeiter nicht vollständig einsinken oder im Wasser versinken. In diesem Falle ist es vorteilhaft, wenn die Reiser in den Faschinen nicht nur re-

lassen liegen, sondern auch ein möglichst geringes specifisches Gewicht haben. Das Letzte geschieht, wenn die Faschinen etwas trocken sind, und in Holland wird zu diesem Zwecke ihnen sogar Rohr zwischen das Strauch gebracht. Dieses Benehmen tritt indessen nie für den ganzen Bau, gewöhnlich auch einmal für die ganze Lage, sondern nur für deren vorderen Theil ein. Man kann daher, wenn die Faschinen nach Holzarten gesondert sind, alle an gewissen Stellen zweckmässig verwenden.

Dabei entsteht noch die Frage, ob es vortheilhafter ist, belaubte oder unbelaubte Faschinen zu verpacken. Nachtheile können die Blätter eben so wenig sein, als man einen andern Nutzen sich von ihnen versprechen darf. Jedenfalls ist aber eine stark belaubte Faschine, namentlich von Eilern oder anderm Holze, dessen Blätter gross und dick sind, bei gleichen Dimensionen weniger Holz-Material, als eine unbelaubte. Man trägt sich hiervon leicht, wenn man die in vollem Laube gefertigten Faschinen einige Tage hindurch stehen lässt, und nachdem die Blätter vertrocknet und abgefallen sind, nochmals ihr Volumen ist alsdann sehr auffallend kleiner geworden, als früher war. Die Verkäufer bemühen sich daher auch immer, die Faschinen möglichst schnell abzuliefern, weil sie von Tag zu Tage an Masse und sonach bei den üblichen Ankaufszugungen auch an Werth verlieren. Für den Bau ist es aber in hohem Maasse vortheilhaft, dass die nutzlosen Blätter nicht so wie das Reis bezahlt werden. Das Laub in den Faschinen hindert, hiervon abgesehen, nicht ohne Einfluss auf den Bau: es dasselbe nämlich sehr reichlich in einer Lage vor, so verzögert es das schnelle Eindringen des Senkmaterials. In manchen Fällen ist dieses vortheilhaft: so wird z. B. der feine Sand durch das Laub sehr sicher auf den noch schwimmenden Lagen gehalten, und er durch unbelaubtes Strauch hindurchfällt und im Strome abgeführt wird. In andern Fällen, wenn nämlich die Packung auf dem Grunde liegt, ist es dagegen wünschenswerth, das Senkmaterial gleichmässig in die Zwischenräume zu gelangen. Ferner kommt hierbei noch der Umstand in Betracht, dass auch die Luft zwischen den Blättern länger zurückgehalten wird. Die Lage schwimmt daher anfangs besser und erlaubt ein

VI Regulirung der Ströme.

... während sie, nachdem sie vom Wasser ...
... eherer fortsinkt. Endlich ist noch zu ...
... Faschine wegen der grösseren Fl ...
... einen stärkeren Angriff vom Strome erfährt, ...
... in denjenigen Stellen, wo man die einzelnen ...
... Faschinen nur mit Mühe halten kann, wird man ...
... Strauch wählen müssen.

Man meint häufig, dass Faschinen aus Nadelhol ...
... zum Packwerksbau sind. Diese Ansicht ist ...
... nicht richtig und gilt nur für gewisse Fälle. ...
... der körperlichen Masse der Nadeln zu der des ...
... wohl wohl immer grösser, als das des Laubes her ...
... besitzt dagegen eine grössere Festigkeit und Da ...
... dass sie trocknet auch nicht so schnell und man k ...
... die Faschinen aus Nadelholz gemeinhin verpacken, be ...
... abgefallen sind. Ist dieses geschehen, so halten die ...
... in derselben Art zurück, wie seine Zweige. ...
... häufig für sehr nachtheilig, dass die Fasch ...
... nicht cylindrisch oder konisch gestaltet, sonder ...
... besonders findet dieses bei den fächerförmigen Zweig ...
... (*Pinus picea*) statt, die in den östlichen The ...
... Frankreichs Staates sehr häufig vorkommt. Dieser U ...
... mit der geringeren Tragfähigkeit oder dem grö ...
... Gewichte der Faschinen aus frischem Nadelholz ...
... freilich in manchen Fällen die Anwendung derselben ...
... im vorderen Theile der Lage; in der Ueberd ...
... der sogenannten Rücklage und im hinteren Theil ...
... Verwendung aber nichts entgegen.

Es ergibt sich hieraus, dass keine Holzart beim Pack ...
... ganz unbrauchbar ist. Für den grössten Theil des Pa ...
... hat sogar keine vor der andern einen überwie ...
... Vorzug, wenn nur das Holz gesund und nicht etwa sch ...
... ist. Nur in den äussern Theilen der Lage muss m ...
... Wahl vorsichtig sein, und es ist daher nothwendig, das H ...
... der Ablieferung gehörig zu sortiren, auch die frühere ...
... Lieferungen derselben Holzart nicht auf einen H ...
... zu stellen. Ich muss aber noch bemerken, dass man in H ...
... nur, wie bereits erwähnt, statt des Strauches auch

endet, sondern es geschieht daselbst wohl, dass man sogar Abfall der Faschinenhaufen, also die abgebrochenen Reiser, die Blätter und selbst Stroh und Heidegras zur Ausfüllung einer Unebenheiten im Innern des Baues verwendet.

Das Strauch wird beim gewöhnlichen Packwerksbau nicht aufgebracht, sondern es ist vorher in gleichmässigen Bündel oder in Faschinen zusammengebunden. Da es aber in diesem Zustande bequemer auf Wagen und Schiffe verladen werden kann, so geschieht das Binden der Faschinen bei grösseren Werken nicht auf der Baustelle, sondern schon im Walde, wo der Strauch geschnitten wird. Es wird sonach gemeinhin die Menge gebundener Faschinen ausbedungen, und wenn die Grösse derselben bestimmt ist, so lässt sich auch um so leichter die Masse des beigeordneten Strauches beurtheilen, inwiefern man die Faschinen nur zu zählen braucht.

Die Faschine erhält solche Dimensionen, dass man sie leicht tragen und auswerfen kann. Zu schwer darf sie nicht sein, da die Arbeiter auf dem angefangenen Werke keinen festen Fuss haben und daher auch nicht stark belastet werden dürfen. Umgekehrt darf ihr Gewicht aber auch nicht zu geringe sein, sonst die Beischaffung des erforderlichen Quantum zu viel erfordern würde. Die Faschine ist gewöhnlich so lang, dass ihr Schwerpunkt, wenn sie aufrecht gestellt ist, etwas unter der Höhe der Schulter des Arbeiters liegt. Die Faschinen sind an der Baustelle in Haufen aufgesetzt und zwar so, dass sie senkrecht auf dem Stammende stehen. Der Arbeiter, der eine Faschine heben will, braucht sie nur gegen die Schulter zu lehnen, um ihr Stammende etwas zu heben, wodurch sie sogleich auf der Schulter fällt und diejenige Lage annimmt, worin sie am leichtesten getragen werden kann. Die Länge beträgt hiernach etwa 10 Fuss, ihre Masse ist aber nicht gleichmässig auf die ganze Länge vertheilt, sondern der Schwerpunkt liegt näher dem Stammende, als dem Wipfelende. Der Durchmesser in der Mitte hält bei starkem Zusammenziehen der Faschine gewöhnlich 12 Zoll, während er am Stammende grösser ist und oft gegen 18 Zoll beträgt. Der cubische Inhalt der Faschine stellt sich nach ungefähr auf 3 Cubikfuss.

Ueber die Anfertigung der Faschinen ist zu bemerken, dass, wenn auch nicht alles eingebundene Strauch die Länge hat, doch wenigstens ein grosser Theil desselben sein muss, als die Faschine. Man stelle oft die Bedingung, wenigstens die Hälfte des Strauches durch die ganze Länge durchbrochen soll und nur die andere Hälfte aus kürzeren bestehen darf. Durchaus verwerflich ist es, wenn ein dicker Strauch in die Mitte gelegt und kurzes Strauch herumgebunden wird, die Faschine biegsam bleiben muss. Gemeinhin stellt man die Bedingung, dass Zweige, die am Stammende 1½ Zoll Durchmesser haben, nicht mehr eingebunden werden dürfen, oder doch stets als das Maximum der zulässigen Stärke zu betrachten.

Da so fern das Binden und Zurichten der Faschinen nicht von den Lieferanten besorgt, und häufig ungeübten Arbeitern überlassen wird, so pflegt es nicht mit besonderer Sorgfalt geschehen. Es kommt hierauf auch wenig an, da die Festigkeit des ganzen Baues nicht von den Bändern der einzelnen Faschinen abhängt, und diese eigentlich nur beim Verpacken des Strohs von Nutzen sind. Diese Bänder stimmen mit denjenigen überein, womit die Würste versehen werden: letztere sollen später ausführlich beschrieben werden. Ein starkes Würgen oder Zuziehen beim Binden der Faschinen ist nur nöthig, wenn sie sogleich verbraucht werden sollen, und man besorgen muss, sie bis zum Verpacken stark eintrocknen und ganz lose zu können. Man pflegt jede Faschine zweimal zu binden, das untere Band ist etwa 1½ Fuss vom Stammende entfernt, und das andere ungefähr auf die halbe Länge der Faschine, wie Fig. 104 Taf. XXXVII. zeigt. Die Anbringung eines dritten Bandes ist nicht nur überflüssig, sondern sogar nachtheilig, indem dadurch gemeinhin die Verwendung von vielen kleinen Strauchen verstopft werden soll.

Bei Abnahme der Faschinen muss man sich bemühen, davon zu überzeugen suchen, dass sie wirklich die gehörige Quantität Strauch enthalten: man muss also die Dichtigkeit gehörig prüfen. Wenn man, wie zum bequemen Aufschichten der Faschinen erforderlich ist, dieselben in grosse Haufen aufstellt, so kann man sich ohne Mühe davon überzeugen, ob sie die gehörige Länge haben. Ihre Stärke ist nicht

ermitteln und man muss sich darauf beschränken, die Probe einzelnen vorzunehmen. Hierzu bedient man sich häufig eines eisenen Ringes Fig. 105, der mittelst eines Charniers geöffnet und in die Faschine gelegt werden kann. Diese Probe ist immer ziemlich unbequem, weil die einzelnen Reiser weit vorkommen, und überdies hat man dabei auch kein ganz sicheres Urtheil, da der Ring oft ganz gefüllt erscheint, während in der Mitte noch ein bedeutend freier Raum bleibt. Ich habe die in Fig. 106 dargestellte Vorrichtung viel vortheilhafter gefunden. In einen kleinen eisernen Ring ist eine Leine geknüpft, die um die Faschine geschlungen, und deren Ende alsdann durch den Ring hindurchgezogen wird. Der Aufseher, der die Faschinen abnimmt, zieht das Ende stark an und sieht zu, ob er den Knochen, welcher den vorschrittmässigen Umfang der Faschine bezeichnet, hindurchziehen kann.

Das Abnehmen der Faschinen kann natürlich nur durch sehr geübte Leute geschehen, weil Unterschleife dabei leicht möglich und schwer zu entdecken sind. Es ist daher nothwendig, eine stete Controlle hierüber zu führen. Wenn die Baustelle nicht sehr beschränkt ist, so ist es von Nutzen, immer nur kleinere Haufen anzulegen, also etwa 10 Schock zusammenstellen zu lassen, für jeden Haufen sowohl den Lieferanten als den Aufseher, die Abnahme besorgte, im Bau-Journale zu bemerken. Es ist dadurch möglich, beim Verpacken die Controlle nochmals zu lassen.

Der Aufseher zählt die Faschinen, wie sie ausgeladen werden, und jede, die ihm etwas schwach oder kurz zu sein scheint, wird abgemessen. Er darf aber, wenn die Dimensionen nicht richtig gefunden werden, sich nicht sogleich mit dem Lieferanten einigen, dass er etwa drei für zwei, oder nach irgend einer andern Relation die Faschinen als maasshaltend annimmt, vielmehr müssen die zu klein gefundenen besonders gestellt werden, damit unter denjenigen, die abgenommen sind, keine sich befindet, welche nicht gehörige Maass hat. Diese zurückgelegten lässt der Lieferant weder umbinden, oder der aufsichtsführende Beamte ermittelt den cubischen Inhalt derselben und berechnet danach ihren Werth. Obgleich das Letzte, so ist nicht zu übersehen, dass sehr grosse Leerräume entstehen, wenn man die Faschinen kreuzweise

über einander legen wollte: sie müssen also parallel in prismatischen Haufen etwa in der Höhe von 6 Fuss und mit den Stammenden nach aussen recht regelmässig aufgeschichtet werden, wozu man für jede 3 Cubikfuss eine Faschine von den obigen Dimensionen annehmen kann.

Zur Verbindung der Faschinen in den einzelnen Lagen des Packwerks dienen die Wippen oder Würste. Dieselben bestehen gleichfalls aus Strauchbündeln, die jedoch eine viel grössere Länge haben. Sie müssen fest gebunden und dabei recht biegsam werden, damit man sie auch in scharfen Krümmungen auflegen kann. Sie werden zuweilen, so wie die Faschinen, auf der Baustelle fertig geliefert, da aber ihre Zurichtung mit grosser Vorsicht geschehen muss, so erfolgt dieselbe gewöhnlich auf der Baustelle selbst.

Ich will zunächst die Bänder beschreiben, womit die Wippen gebunden werden. Sie stimmen mit denjenigen überein, welche auch beim Faschinen-Binden gebraucht werden, und bestehen aus dünnen und recht zähen Weiden-Reisern. Man nennt sie Bindweiden. Man kauft sie besonders an und gemeinhin hält je ein Bund derselben 2 Schock oder 120 einzelne Ruthen. Sie sind etwa $3\frac{1}{4}$ Fuss lang und am Stammende 7 bis 8 Linien stark. Es ist nicht nöthig, dass sie am Wipfelende gespalten sind, was man zuweilen verlangt, im Gegentheil verdienen diejenigen den Vorzug, welche aus einem einzigen Triebe bestehen. Von besonderer Wichtigkeit ist es, dass sie recht frisch sind, weil sie es dann um so weniger brechen. Wenn unter der Rinde eine starke Ansammlung des Saftes stattfindet, so löst sich die Rinde leicht vom Holze, was nicht vortheilhaft ist: man muss vielmehr darauf sorgen, den Saft von hier zu entfernen und ihn wo möglich in das Holz zu treiben. Dieses geschieht durch starke Erwärmung, indem man die Reiser entweder aus Feuer hält, oder wenn gerade recht warmer Sonnenschein stattfindet, so ist es noch besser, auf dem Sande auszubreiten und einige Stunden hier liegen lassen. Wenn man sie aber erst nach einigen Tagen verbrauchen kann, so verschwindet der Saft von selbst, und bei längerem Aufbewahren, oder wenn das Holz überhaupt nicht saftreich war, so geschieht dieses in solchem Maasse, dass die Reiser ganz untauglich werden. Sind sie einmal stark ausgetrocknet, so ist es unmöglich, ihnen die erforderliche Zähigkeit wieder zu geben.

werden aber auch sehr bald, wenn man das Austrocknen vielfaches Uebereinanderpacken verhindert, denn in diesem steckt oder verrottet das Holz. Wenn man daher gezwungen ist wochenlang aufzuhewahren, so ist es am besten, sie in Wasser zu versenken und unmittelbar vor dem Gebrauche stark Feuer zu erwärmen. Es ist bekannt, dass man durch dieses Verfahren sogar starke Hölzer biegen kann.

Da die Bindweide nicht nur um die Faschine oder die Wurst hängen, sondern viel schärfer gekrümmt werden muss, so ein fühllicher Knoten darin entsteht, so würde selbst eine Ruthe brechen, wenn sie hierzu nicht besonders vorbereitet.

Diese Vorbereitung besteht darin, dass die Holzfasern in ganzen Länge der Ruthe eingeknickt und dadurch von einander abgerissen oder gespalten werden, ohne dass sie einzeln zerreißen. Man erreicht dieses durch vorsichtiges Drehen. Der Arbeiter steckt die äusserste Spitze oder das Wipfelende, das nicht zu werden braucht, in die Spalte eines fest aufgestellten Stockes. Zuweilen tritt er auch nur mit dem Fusse auf die Spitze der Ruthe, was jedoch weniger bequem ist. Das Stammende der Ruthe behält der Arbeiter in den Händen und fängt an, nach einer Seite zu drehen. Das Brechen des Holzes geht zunächst an der dünnsten Stelle, also unmittelbar neben eingeklemmten Ende, und hier würde die Ruthe leicht ganz auseinander gedreht werden, wenn sie nicht mit einiger Kraft gezogen würde, wodurch man die Bildung der Knoten verhindert dem Bruche vorangehen. Auch durch Festhalten einzelner Stellen mit der linken Hand kann der Arbeiter, während die Ruthe mit der rechten Hand immer in gleicher Richtung den Bruch allmählig weiter führen, so dass endlich bis zum Stammende hin die Ruthe wie ein Tau gedreht und sich so biegsam geworden ist, dass sie ohne zu brechen die besten Krümmungen annimmt.

Auch die Vorbereitung der längeren und stärkeren Bänder Binden der Benkfaschinen (§. 74) geschieht in ähnlicher Art. Reiser von Weiden sind dabei jedoch nicht mehr anwendbar, weil ihnen die erforderliche Festigkeit fehlt: am meisten eignet sich dazu die Haselruthe, doch kann man auch Birken, Eichen und selbst Eichen noch benutzen. Eine starke Erhitzung

der Ruthe, die bei der Länge von 8 bis 10 Fuss natürlich dicker sein muss, ist unerlässliche Bedingung, und ein Arbeiter ist nicht mehr im Stande, die Ruthe zu drehen, zugleich dafür zu sorgen, dass einzelne Stellen nicht zerbrochen werden, oder reissen. Man legt ein Brett auf den Boden und der eine Arbeiter, der auf das regelmässige Schreiten der Drehung Acht haben muss, tritt auf die Spitze der Ruthe und setzt den einen Fuss nach und nach weiter von jeder Stelle, die bereits hinreichend stark gedreht ist, der Drehung zu entziehen, der andere Arbeiter hält das Stange in der Hand, und dreht dasselbe fortwährend in derselben Richtung: dieses kann er aber wegen des starken Widerstandes nicht mehr aus freier Hand durch blosses Umfassen der Ruthe. Er benutzt daher einen hölzernen Knebel, an welchen eine Leine von etwa 1½ Fuss Länge gebunden ist. Diese Leine wird am äusseren Ende in einen Spalt gesteckt, der in das Stange der Ruthe eingeschnitten ist, und indem die Leine mehrmals geschlungen und scharf angezogen wird, so klemmt sich das gesteckte Ende sehr fest und der Knebel selbst legt sich durch weiteren Umschlingen der Leine in der Art gegen die Ruthe, so wie eine Kurbel benutzt werden kann. Der Arbeiter umgibt die Ruthe mit der linken Hand, so dass sie in dieser, wie die Axe in der Pfanne ruht, und mit der rechten Hand dreht er den Knebel im Kreise herum. Fig. 108 zeigt diese Anordnung von der Seite und von vorn. Man findet indessen nicht leicht Leute, welche bei der erforderlichen Länge (um Senkmaschinen von 10 Fuss Durchmesser zu umspannen) noch hinreichende Zähigkeit besitzen, so dass sie sich in der erwähnten Art drehen lassen: es genügt also dann nur übrig, zwei Bänder zusammenzustecken. Dies geschieht, wie Fig. 128 a und b auf Taf. XL zeigt. Die Ruthe, welche die Länge der ersten ergänzen soll, wird, nachdem sie gedreht ist, zweimal gebogen (Fig. 128 a), alsdann drehen die drei Stränge zusammen, so dass ein kurzes Band entsteht, welches an jeder Seite mit einer Schleife versehen ist. Wenn die eine dieser Schleifen zieht man das längere Band, jedoch so, dass das kürzere Band zugleich durch die an dem längeren Band befindliche Schleife durchgesteckt wird. Fig. 128 b giebt diese Verbindung an, und zwar ist darin nur das kürzere Band als

gestellt, damit es sich von dem längeren deutlich unterscheidet, und weiteres Ausziehen legen sich die Enden von beiden Seiten gegen einander.

Da die Beschaffung der langen und starken Bänder für Senkmaschinen oft nicht leicht und ihre Vorbereitung immer sehr schwierig und kostbar ist, so hat man in neuester Zeit versucht, statt der Bänder Eisendraht zu benutzen. Die Behandlung desselben ist sehr einfach und man begegnet dabei sehr sicher allen Schwierigkeiten, welche bei den Binderuthen sich so häufig wiederholen. Der Draht ist etwa eine Linie stark und wird vor dem Verlegen gegläht und langsam abgekühlt, wodurch er seine Sprödigkeit verliert. Man schneidet ihn in angemessene Längen ab und führt ihn um die stark gewürgte Senkmaschine und dreht seine beiden Enden mit einer Zange um einander, bis er die Maschine fest umspannt. Diese Methode erleichtert jedenfalls die Anfertigung von Senkmaschinen ungemein, und die Mehrkosten des Eisendrahts, an sich nicht bedeutend, werden aber wohl in allen Fällen mehr als gedeckt, dass die mühsame Vorbereitung des Bandes fällt.

Was das Binden der Würste betrifft, so dient dazu eine Vorrichtung, welche die Wurstbank heisst. Je zwei Pfähle von etwa 5 Fuss Länge werden schräge in den Boden gestossen, so dass das darüber gelegte Strauch sich in der Höhe von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuss über dem Boden befindet. Beide Pfähle werden durch eine Querteile zusammengebunden und bilden einen Bock. Dergleichen Böcke werden in Abständen von 2 Fuss errichtet, wie Fig. 107. XXXVII zeigt, und die Länge der ganzen Bank ist gewöhnlich derjenigen der längsten Würste gleich, die man darauf binden will, wodurch man das Verlegen der angefangenen Würste vermeidet.

Das Strauch, woraus die Wurst dargestellt werden soll, wird von den Faschinen entnommen. Man schneidet zu diesem Zwecke die Bänder derselben auf, und zwar wählt man solche, welche aus einem dünnen und langen Strauch von frischem und zähem Holze bestehen. Man schneidet auch wohl starke Seitenzweige ab, und ist überhaupt dafür, dass das Strauch, welches auf die Wurstbank kommt, recht lang, grade und biegsam ist und sich nicht zerbrechen lässt. Zum Zurichten des Holzes, so wie zum Aufbinden der Bänder an den Faschinen kann man gewöhnliche

Taschenmesser, oder bei starkem Holze leichte Handheile, so wie überhaupt zur Anfertigung der Faschinen und zum Aushacken des Strauches keine besonderen Werkzeuge unumgänglich notwendig sind: nichts desto weniger bietet das in Fig. 164 dargestellte Faschinenmesser, welches am Oberrhein bei diesen Arbeiten allgemein benutzt wird, eine grosse Bequemlichkeit, indem es zugleich Messer, Beil und Hammer ist. Es ist der Handhabe einen Fuss lang und die Schneide befindet sich an der untern Seite der Figur. Mit dem äussern Theile des selben, der wie ein Gartenmesser gekrümmt ist, lassen sich sehr bequem die Bänder aufhauen, ohne das Strauch damit zu verletzen. Der aufwärts gekehrte Kopf an der Seite des Messers dient als Hammer und zugleich kann man damit wie mit einem Haken einzelne durch andere verdeckte Reiser herausziehen.

Das ausgesuchte und vorbereitete Strauch wird auf der Bank regelmässig durch einen Arbeiter vorgelegt, so dass die Wurst überall eine gleichmässige Stärke und zwar von 6 Zoll erhält, wobei aber ganz besonders darauf zu achten ist, dass die Stammenden der Reiser gehörig vertheilt sind, so dass mehrere auf dieselbe Stelle treffen, wodurch ohnfelbar die Festigkeit der Wurst leiden würde. Die Ruthen werden ebenfalls nach derselben Richtung gelegt, so dass die Wipfel immer nach einer Seite gekehrt sind.

Das Binden der Wurst geschieht am regelmässigsten, wenn es an einem Ende begonnen und der Reihe nach von dem andern umgelegt wird. Es ist indessen als kein geringer Uebelstand anzusehen, wenn zur Beschleunigung der Arbeit auch an verschiedenen Stellen gleichzeitig gebunden wird, muss aber alsdann mit dem Verstecken der Enden von den Ruthen etwas vorsichtiger sein, damit dieselben nicht auseinander fallen und die Bänder sich lösen. Die Binderthaten nimmt eine gewisse Steifigkeit an, besonders wenn sie stark trocken sind. Die Besorgniss, dass die Bänder sich lösen möchten, findet vorzugsweise nur in den ersten Stunden statt, aber dieser Uebelstand ist auch Veranlassung, dass die vorbereiteten Ruthen nicht liegen dürfen und vielmehr recht schnell verbraucht werden.

Das Auflegen des Bandes geschieht in folgender Weise: Der Arbeiter bildet an dem Wipfelende der gedrehten Ruthe eine

Fig. 109 zeigt. Er legt diese auf die Wurst, so dass das Ende der Ruthe von ihm abgekehrt ist: letzteres zieht er der Wurst hervor und durch die Schleife hindurch. Es ist indix, das Band anzuziehen, soweit dieses aus freier Hand gehen kann: ein starkes Einschnüren oder vollends ein festes um, wie bei den Senkfaschinen, ist aber hier nicht nur ohäw, sondern sogar nachtheilig, indem die Wurst später mit den Pfählehen an die Faschinen genagelt wird, und das Band Eintreiben des Pfahles zerreisst, wenn es schon früher ungeschwächt angezogen war. Das durch die Schleife gesteckte Ende der Ruthe droht der Arbeiter wieder in derselben Lage, in welcher es schon früher gedreht ist, und indem die Enden sich gegen einander drängen, bildet sich von selbst ein Knoten, das Schloss genannt. Mit dem Drehen wird aber fahren, bis eine zweite Windung sich unter den bereits gebildeten Knoten legt und von diesem fest angedrückt wird.

Fig. 110 zeigt den Knoten von der Seite und von oben. Das Ende der Ruthe wird alsdann versteckt, und zwar geschieht es entweder in der Art, dass man es unter demselben Bande durchzieht, wie die Figur zeigt, oder, was weit leichter ist, steckt es in das Strauch der Wurst und legt das folgende Band darüber. Dieses ist der Grund, weshalb es vorthailhaft ist, unterbrochener Reihenfolge ein Band nach dem andern aufzulegen. Die beschriebene Art des Bindens erlernen die Arbeiter ähnlich sehr schnell, weil das Binden der Garben in gleicher Weise geschieht. Wenn aber durch diese Beschreibung und Zeichnung das Verfahren noch nicht ganz klar geworden sein sollte, kann man sich durch das Drehen einer Leine leicht davon überzeugen, wie der Knoten entsteht und die zweite Windung sich unter die erste schiebt.

Der Abstand der Bänder von einander beträgt 8 Zoll: es ist nicht nöthig, diese Entfernung jedesmal genau abzumessen, Arbeiter können sich vielmehr mit hinreichender Schärfe nach Bockten richten, wenn diese regelmässig aufgestellt sind. In Mitte zwischen je zwei Bockten kommt ein Band, und eines an jeder Seite des Bocktes, wie Fig. 107 zeigt.

Die über das Ende der Wurst hervorstehenden Wipfelenden Strauches werden, nachdem man einen Klotz untergelegt hat,

mit einem Beile oder dem Faschinenmesser abgehauen, und kann auf dieselbe Art auch beliebige Enden von der Wurzel abschneiden.

Am Preussischen Niederrhein gebraucht man statt der Würste auch Flechtbänder, die sich zuweilen billiger als jene herstellen lassen, und in jeder Beziehung eben so brauchbar, und noch fester, als die Würste sind. Man dreht aus etwa drei Weidenruthen, deren Enden gehörig versteckt werden, einzelne Stränge und drei derselben werden, wie Fig. 111 zeigt, zusammengeflochten. Das Drehen der Stränge geschieht aber gleichzeitig mit dem Flechten, weil sonst die langen Stränge die Arbeit sehr un bequem machen würden, auch die einzelnen Ruthen sich leicht lösen könnten. Da diese Bänder sich genau untersuchen lassen, so geschieht ihre Anfertigung gewöhnlich auf Accord, oder sie werden schon fertig auf die Baustelle geliefert. In die Maschen derselben lassen sich die Faschinen-Pfähle sehr gut eintreiben, und man kann die Bänder, wenn man sie dem Zutritt der Luft aussetzt, auch ohne Nachtheil viel länger, als die fertigen Würste aufbewahren.

Zur Verbindung der Würste mit den Faschinen, zuweilen auch wohl der letzteren unter sich, dienen die Faschinenpfähle, die auch Spickpfähle genannt werden. Diese sind kleine Pfähle von 4 Fuss Länge und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Stärke. Man verwendet dazu häufig die stärkeren Aeste, die beim Binden der Faschinen nicht benutzt werden können; wo aber das Nadelholz nicht theuer ist, stellen sie sich in der Regel noch bedeutend wohlfeiler, wenn sie aus starkem Holze gespalten werden. In diesem Falle ist ihre Zurichtung weit einfacher, weil man die Seitenäste abschneiden darf, und sie an sich schon hinreichend eben und grade sind. Man braucht nur das eine Ende anzuspitzen und besonders auffallende Unebenheiten oder starke Spalten zu beseitigen.

Die Pfähle werden in die Würste mit der Hand eingesteckt und mit hölzernen Schlägeln herabgetrieben, so dass sie gehörig weit in die darunter liegende Faschine eindringen. Dabei ereignet es sich nicht selten, dass der Arbeiter, der den Pfahl setzt, durch einschlagen, zugleich durch sein Gewicht die noch ganz lose liegende Faschinenlage stark comprimirt, und diese sich wieder heftig an ihm ansetzt. Alsdann wird der Pfahl häufig durch das Faschinen-

er gehalten, als durch die Wurst: wenn daher die Faschinen-Lage erfolgt, so zieht sich der Pfahlkopf erst hindurch und die beabsichtigte Verbindung zwischen den Pfählen und der Wurst ist aufgehoben. Man verhindert Theil schon dadurch, dass man den Pfahl nicht so tief in ihn vielmehr nahe einen Fuss hoch über die Wurst setzt. Man erreicht dadurch noch den Vortheil, dass die gepackten Faschinen, welche zur folgenden Lage gegen die Pfahlköpfe treffen, und von diesen gehalten werden, versinkt man aber auch zuweilen die Pfähle mit gestalteten Köpfen, welche das Herausziehen verhindern.

Fig. 112 stellt solche dar: *a* ist ein sogenannter Pfahl, der leicht zugeschnitten wird, wenn man ein Stück Seitenaste stehen lässt. Im gespaltenen Holze kann man einsetzen eines kleinen Pflockes, wie *b* zeigt, einen Keil bilden. Dasselbe geschieht auch durch Kerben *c* und *d*, von denen besonders die letzte recht wirksam wirkt, sich, dass alle diese Pfähle so eingestellt werden, dass die vortretenden Theile normal gegen die Richtung der Reiser sind, damit sie die Reiser zur Seite treffen. Indessen diese Vorkehrungen vollständig entbehren, so gewöhnlichen Pfähle nicht senkrecht, sondern etwas schief, und zwar abwechselnd nach der einen und der andern Seite, wie Fig. 113 zeigt.

Was Beschwerungs-Material betrifft, so hat man zu bedenken, dass wenn die Kosten nicht sehr gesteigert werden sollen, man das Material selbst, und man muss dasjenige nehmen, welches sich in der That sowohl fette, als magere Erde, Sand, Kies, eine gebrauchen, und der Torf allein ist zu diesem Zwecke unbrauchbar, weil er theils zu leicht, theils aber auch zu schwer, um in die Zwischenräume gehörig einzudringen. Das beste Material gilt gewöhnlich für das beste Beschwerungs-Material, weil er sich gut vertheilt, keine Klumpen bildet und in den noch schwimmenden Lagen hindurchfällt, besonders wenn er nicht so leicht fortgespült wird, falls man gezwungen ist, ihn ohne Ueberdeckung zu versenken. Man findet ihn, wenn er sonst am Ufer nicht vorkommt, gemeinlich an den-

jenigen Stellen des Strombettes, wo die Strömung zur Hochwassers am stärksten ist. Fällt diese Stelle mit der Stromrinne zusammen, so kann man ihn nur durch Gewinn gewinnen.

Der feine Sand dringt allerdings durch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Reiskörnern leicht hindurch, aber dies ist nur so lange nachtheilig, als die Faschinen schwimmen: sobald sie auf dem Flussbette oder auf andern ruht, hört das eigentliche Durchfallen auf, und der feine Sand wird nicht mehr dem Strome ausgesetzt, sondern zwischen den Reiskörnern und füllt nach und nach alle Zwischenräume aus. Es ist eine bekannte Erfahrung, dass Faschinen, welche mit Sand versenkt werden, sich weniger setzen, als wobei ein gröberes Material verwendet ist, und dass dies im ersten Falle auch früher eintritt. Der feine Sand hat daher den Vortheil, dass durch ihn in kurzer Zeit eine Masse dargestellt werden kann. Hieraus folgt aber wieder, dass das erforderliche Strauchquantum in diesem Falle geringer als wenn bei gröberem Beschwerungs-Material die Lagen zusammengedrückt werden.

Zuweilen muss die Versenkung mittelst einer reinen und zähen Thonerde erfolgen, wie dieses namentlich bei den Mündungen der verschiedenen Rheinarme der Fall ist. Bringt diese Erde alsdann in grossen Klumpen auf, so weichen wohl mit der Zeit im Wasser und durchdringen das Reis: so lange die Lage aber schwimmt, darf dies nicht geschehen, weil sonst die einzelnen Thontheile leichter als der Sand vom Strome fortgetrieben werden. Wenn die einzelnen Lagen mit solchem Material beschichtet, pflegt man das Werk, nachdem es den Grund erreicht, stark mit feinem Sande zu beschütten, um dadurch die Zwischenräume einigermaassen auszufüllen.

Dass man die äusseren Flächen des Werkes, also die Dossirungen und besonders die Kopfdossirung sehr dicht mit grösseren Steinen bedeckt, ist bereits erwähnt: man kann aber auch gebrannte Steine und selbst Ziegel auf die Dossirungen bringen, um das äussere Strauchwerk herabzudrücken und dadurch das Beschwerungs-Material

er des Packwerkes vor dem Angriff des Stromes sicher zu machen. Dieses Verfahren ist in Holland üblich.

§. 77.

Anordnung des Packwerksbaues.

Das Packwerk besteht aus einzelnen Faschinen-Lagen, und derselben wird mit Beschwerungs-Material bedeckt. Letzteres ist gemeinhin so fein oder löst sich im Wasser in so feine Theile auf (wie dieses z. B. bei Erde, Thon und Sand der Fall ist), dass es beim unmittelbaren Angriffe des Stromes bald weggespült werden würde. Man muss also das Beschwerungs-Material selbst wieder bedecken, und dieses geschieht durch die nächste Faschinen-Lage. Es ergibt sich hieraus, dass Faschinen und Erde oder Sand sich gegenseitig überdecken müssen; es könnte nur geschehen, wenn die Werke ganz steil ohne Bössurung aufgeführt würden, was in Betreff der Stabilität des Baues und zur Vermeidung der Wirbel nicht zulässig ist. Man wählt daher die Anordnung, dass die heraustretenden Wipfel der Faschinen die äussere Decke bilden und ohne dass sie beschwert sind, das Beschwerungs-Material im Innern halten. Doch auch hierdurch lassen sich keine flachen Bössurungen, weder am Kopfe noch an den Seiten des Werkes stellen. Als äusserste Grenze nimmt man gemeinhin die einfache Anlage an, welche in der Regel auch gewählt wird, d. h. Böschung tritt auf jeden Fuss senkrechter Höhe um einen Fuss vor. Die vortragenden Wipfelenden der Faschinen werden nach und nach abgebrochen, da sie jedes Schutzes entbehren und sobald diese äussere Strauchdecke verschwindet, fällt das nächstliegende Beschwerungs-Material, das durch sie geschützt war, herab oder wird vom Strome fortgespült. So bildet sich selbst eine neue Strauchdecke, die später gleichfalls durchbrochen wird. Besonders schnell erfolgt solche Abnutzung an Stellen, wo ein heftiger Strom das Werk trifft.

An den Seitendossirungen ist diese Abnutzung gemeinhin sehr merklich und bei gehöriger Anordnung des ganzen Bahnenbaues pflegt das Ufer auch in wenigen Jahren sich auszubilden, wodurch der ferneren Zerstörung der Werke vorgebeugt wird.

Der Kopf der Bahne zeigt aber sehr auffallende Spuren der Beschädigung, besonders wenn er soweit vorgetrieben ist, dass die tiefe Stromrinne begrenzt. Er verliert nicht nur die Böschung, die er ursprünglich hatte, sondern, indem er abbricht, weicht auch immer weiter uferwärts zurück. Die steilere Böschung, die er annimmt, muss man als eine Folge der Vertiefung des Bettes ansehen, die dadurch befördert wurde, dass der Kopf schon alsbald nicht flach genug angelegt war. Die nach und nach eintretende Verkürzung der Bahne ist aber eine Erscheinung, die man in der angegebenen Art erklären kann, und die sich überall wiederholt, wo man feines Beschwerungs-Material ausschliesslich benutzt hat. Will man daher ein dauerhaftes Werk ausführen, dessen Kopf einen festen Punkt in der angenommenen Uferlinie behalten soll, so bleibt nichts Anders übrig, als ihn mit Steinen zu bedecken. Dasselbe gilt auch von den vordern Doassirungen und Uferdeckwerke.

Beim Bau der Packwerke werden die einzelnen Faschinenlagen schwimmend gebildet: während ihrer Zusammensetzung liegen sie also horizontal auf der Oberfläche des Wassers ausgebreitet. Wie vortheilhaft es in mancher Beziehung auch wäre, wenn sie immer horizontal gehalten werden könnten, so ist dieses doch nicht möglich, weil jeder feste Anschluss, der dem strömenden Wasser vor der Versenkung so nothwendig ist, dann unterbleiben müsste. Die Lagen werden daher schräg herabgelassen, indem sie sich um die Seiten, wo sie angeschlossen sind, wie um feste Axen drehen. Dabei ist es Bedingung, wie bereits erwähnt, dass sie an keiner Stelle sehr steil stehen dürfen, weil sonst das aufgebrachte Beschwerungs-Material herabgleiten würde. Je flacher indessen die Lagen versenkt werden, um so länger müssen sie sein, und die Schwierigkeit ihrer Ausführung vergrössert sich ausserordentlich mit der zunehmenden Länge. Man muss sonach die grösste zulässige Neigung kennen, und diese jeder einzelnen Lage geben, und zwar muss die Lage in ihrer ganzen Länge diese Neigung erhalten, also auch nach der Versenkung eine Ebene bilden und zugleich bis zum Strombetto herabreichen. Man überzeugt sich leicht, dass unter Voraussetzung einer gleichmässigen Dicke der Lage diese sämtlichen Bedingungen erfüllt werden müssen, wenn man Unregelmässig

theilweise starke Neigungen oder unnöthige Verlängerungen Faschinen-Lagen vermeiden will.

Die grösste noch zulässige Neigung dürfte etwa einer fachen Anlage gleich kommen. Man bestimmt die Länge der einzelnen Lage, indem man sie im Profile als bereits versenkt zeichnet und dabei die angenommene Neigung zum Grunde

Fig. 119 Taf. XXXIX stellt dieses dar. Dabei muss aber bemerkt werden, dass die erwähnte Drehungsaxe horizontal und zwar normal gegen die Richtung der Krone des Werkes genommen wird.

In der angegebenen Weise lässt sich leicht die Länge der Lage in der Mittellinie bestimmen. Ausserdem muss man aber noch nachzuweisen im Stande sein, wie weit die Lage seitwärts von der Krone vorgreifen soll, oder man muss ihre Form und ihre Ausdehnung vollständig kennen. Die Lösung dieser Aufgabe ist jedesmal durch eine einfache Construction möglich und ist um so leichter, als es bei der Ausführung auf grosse Schärfe ankommt, man daher kleine Unterschiede in den Tiefen nicht berücksichtigen darf, die grösseren aber schon in die Profilzeichnungen eingetragen sein müssen. Am einfachsten sind die Verhältnisse, wenn die Tiefenlinien (d. h. diejenigen Linien, in welchen die gleiche Tiefe stattfindet) die Längenrichtung des Werkes schneiden, jede einzelne Lage ist alsdann symmetrisch gebaut, indem ihre rechte Seite der linken congruent ist.

Fig. 120 b sei das Längenprofil einer Buhne und zwar durch die Axe derselben gelegt; ferner AB diejenige Faschinen-Lage, deren Form und Grösse man bestimmen will. Man trage, wie in Fig. 120 a angedeutet worden, die Länge AB in die Horizontale AE so stellt sich in der horizontalen Projection oder im Grundrisse Fig. 120 a die äussere Begrenzungs-Linie leicht dar, indem man die dem Punkte E entsprechende Linie auszieht. Wie weit die Lage seitwärts über die Krone des Werkes hinausreichen muss, sieht sich leicht, wenn man im Querprofile Fig. 120 c die Anlage der Seitenböschung des fertigen Werkes oder die Linie D ermittelt. In der gewöhnlichen einfachen Anlage stimmt D mit der Höhe der Böschung überein. Man trägt dieselbe im Grundrisse Fig. 120 a auf die Seite der Krone auf, und zieht die Seitenlinien aus, so ist die gesuchte Form der Faschinen-Lage vollständig bestimmt.

Man überzeugt sich leicht, dass der Winkel α , den die Seitenlinien mit der Längsaxe des Werkes bilden, von α ganz unabhängig ist, und allein durch die Seitenböschung die Neigung der Lage bedingt wird. Bleiben daher diese Grössen in der ganzen Ausdehnung des Werkes dieselben, ist auch der Winkel α für alle einzelnen Lagen constant.

Etwas zusammengesetzter wird die Construction, wenn die Tiefenlinien, wie dieses bei inclinanten oder declinanten Gewässern gewöhnlich der Fall ist, nicht normal gegen deren Axen sind. Genau genommen werden die Tiefenlinien auch nicht Linien bilden: hierauf ist jedoch nicht weiter Rücksicht zu nehmen, da eines Theils, wie bereits bemerkt, eine grosse Schärfe in der Ausführung nie erreicht werden kann, andern Theils die Methode, die ich angebe, sich auch leicht auf den Fall übertragen lässt, dass in der Basis des Werkes an einzelnen Stellen Abweichungen vorkommen. Wenn die betreffenden Tiefenlinien gerade Linien angesehen werden dürfen, so misst man die Länge in zwei Längenprofilen, welche durch die beiden Aussenprofile der Krone gelegt sind, also Fig. 121 a in den Richtungen LL und MM . Beide Profile werden in die Vertical-Projection des Werkes Fig. 121 b eingetragen. Die Neigung, welche die Lage nach ihrer Versenkung annehmen soll, wird eben dorthin gezogen. Alsdann giebt deren Zusammentreffen mit jenen Linien die Länge der Lage in beiden Richtungen an, und die Uebertragung derselben findet man leicht im Grundrisse der gesuchten Punkte B und F . Die gerade Linie, welche AB verbindet, bestimmt die äussere Grenze der Lage, und wenn die Richtung der Seitenlinien oder der Winkel α schon aus dem Obigen bekannt ist, so ist auch die ganze Form und Ausdehnung der Lage gegeben. Wenn aber die Ebene AB nicht mehr eine gerade Linie das Strömbette schneidet, so wird die Lage durch keine gerade Linie an ihrer äussern Seite begrenzt, muss, wenn die Abweichung bedeutend sein sollte, ausser den Profilen in LL und MM noch andere ähnliche messen, und dadurch in derselben Art, wie hier angegeben, eine grosse Zahl von Punkten im Grundrisse für die Linie PR bestimmen. Ich muss besorgen, dass die vorstehende Auseinandersetzung manchem Baumeister unnütz oder, wie man oft zu sagen

praktisch erscheinen wird. In der That hat man während der Ausführung einer Faschinen-Lage wenig Zeit und Gelegenheit, die Messungen und Untersuchungen anzustellen. Besonders der vordere Theil der neuen Lage, oder der Ausschuss, verworfen wird, ist die möglichste Beschleunigung und Aufmerksamkeit auf den technischen Theil der Arbeit nothwendig, um Unordnungen vorzubeugen, welche der Strom in den einzelnen Linien leicht hervorbringt. Wollte der Baumeister alsdann eine Messung vornehmen, und durch scharfe Rechnungen ermitteln, wie weit die einzelnen Faschinenreihen vor- oder zurückgesetzt werden sollen, so würde gewiss der Fortgang der Arbeit auf die nachtheiligste Weise gestört werden. Die Messung liesse sich auch gar nicht mit Schärfe ausführen, da man auf der losen Lage nur mit Vorsicht stehen und gehen kann. Nichts desto weniger schien es mir nothwendig, die Verhältnisse speciell zu schildern, damit man eine klare Vorstellung davon gewinnt und gezwungen ist, wie es so häufig geschieht, diesen sehr wichtigen Theil des Baues unbedingt und ohne Controlle dem Kriibmeister anzuvertrauen. Nach der Beendigung des ganzen Packwerks und schon früher, wenn eine Lage vollständig versenkt ist, gehen sich freilich die dabei begangenen Fehler sehr deutlich zu erkennen, indem die unrichtig geformte Lage sich zu steil oder zu flach stellt, oder vielleicht das Flusshette gar nicht erreicht, die Seitendossirungen ganz anders ausfallen, als sie sein sollen. Es ist alsdann aber die Gelegenheit verschwunden, die begangenen Fehler vollständig und ohne Nachtheil für das Werk zu verbessern. Man verlangt mit vollem Rechte von dem Baumeister, dass er schon während der Ausführung die Angemessenheit aller einzelnen Operationen zu beurtheilen im Stande ist, er kann daher auch beim Auswerfen der Faschinen zu jeder neuen Lage sich überzeugen können, dass dieselbe die gehörige Form und Ausdehnung erhalten wird. Dass dieses möglich ist, leidet keinen Zweifel, denn der tüchtige und geübte Kriibmeister und so der in solchen Ausführungen routinirte Wasserbaumeister erkennt den Fehler sogleich und weiss, wie er verbessert werden kann. Es fragt sich daher nur, ob die Anleitung hierzu in einem Buche erteilt werden kann, oder ob diese Kunst nur auf der Stelle durch Aufmerksamkeit auf das Verfahren Anderer, oder

noch besser durch vielfaches eigenes Experimentiren zu ist. Im letzten Falle wäre die Schule ohne Zweifel sehr und ein klares Bewusstsein der zu befolgenden Regeln würde gemeinhin dabei doch nicht erlangen, vielmehr nur eine dunklen Erinnerung an einzelne vorgewesene Fälle die per Maassregeln ergreifen. Dass hierbei vielfache Irrthümer eingriffe vorkommen, darf kaum erwähnt werden. Dies ist um so erklärlicher, als diese Art der Praxis gewöhnlich mit Selbstvertrauen ausgeübt wird. Soweit sie indessen brauchbar gründet sie sich dennoch auf Regeln, die, wie in allen Fällen, höchst einfach sind und sich auch leicht bezeichnen wissenschaftlich begründen lassen. Die wichtigste Kunst des tüchtigen Praktikers besteht darin, dass er den Werth der zu bestimmenden Grössen richtig taxirt oder durch schnelle und leichte Messungen zu finden versteht. Demnächst aber sind ihm die Beziehungen oder Verhältnisse auch geläufig, die zwischen diesen Grössen und den gesuchten Resultaten bestehen, also im vorliegenden Falle zwischen den Tiefen (vielleicht sogar mit Rücksicht auf die wahrscheinliche Zunahme) und den Dimensionen und Form der Faschinen-Lagen.

Der tüchtige Kribbmeister greift in sehr kurzen Zwischenzeiten immer von Neuem zur Peilstange: er sammelt also dieselben Data, welche nach der vorstehenden Auseinandersetzung gebraucht werden. Er macht freilich keine Constructionen nach den Regeln der beschreibenden Geometrie, da ihm aber die wahren Beziehungen geläufig sind, die zwischen den Tiefen der Ausdehnung der Lage stattfinden müssen, so kann er die Hilfsmittel eutbehren. Auf grosse Genauigkeit kommt es durchaus nicht an; die Methode, welche er befolgt, ist höchst einfach und sichert ihn dennoch vor den groben Irrthümern, welche derjenige begeht, der gar keiner Methode folgt.

Bevor ich diese Beziehungen näher angebe, muss ich bemerken, dass ein wirkliches Nachmessen der einzelnen Lagen wegs ohne Beispiel ist. Der verstorbene Baurath Everardus Düsseldorf hatte für alle grössere Buhnenbauten am Rheine die Nachmessung der fertigen Lagen vor ihrem Versenken geschrieben. Jede einzelne Lage, während sie noch auf dem schwamm, musste gemessen, in den Grundriss eingetragen

zugleich die Tiefe vor derselben und die Quantität des verwendeten Materials bemerkt werden. Diese Arbeit ist durchaus überflüssig: sie ist aber an sich höchst unbedeutend, und hat den Vortheil, dass man begangene Fehler, die sich durch Verkürzung oder Verlängerung der nächsten Lage noch leicht erkennen lassen, sogleich erkennt. Demnächst aber setzt sie die Bauhelfer auch in den Stand, die ganze Art der Auslegung zu prüfen, darnach die Tüchtigkeit der Kribbmeister und über zu beurtheilen und dieselben zu belehren, wie sie die Unregelmässigkeiten vermeiden können, welche sich beim Fortschritte des Baues oder nach Vollendung des Werkes kennen gehen.

Nach Fig. 119, 120 und 121 nehmen die Faschinen-Lagen ihrer Versenkung eine Neigung an, welche der zweifachen oder dem Winkel von 26 Grad 34 Minuten entspricht. Unter dieser Voraussetzung wird eine Lage von 10 Fuss Länge und Tiefe von 4,47 oder nahe $4\frac{1}{2}$ Fuss unter der Drehungsaxe ihrer äussern Kante den Grund berühren. Dieser Berührungspunkt ist in dem horizontalen Abstände von der Axe von 8,95 oder 9 Fuss. Wenn man also eine Lage von der angegebenen Länge hat, so kann sie die beabsichtigte Neigung nur annehmen, wenn sie im Abstände von einem Fusse innerhalb ihres äussern Randes (und sie noch schwimmt) die Sohle des Flussbettes $4\frac{1}{2}$ Fuss von der Drehungsaxe sich befindet. Für andere Längen lässt sich hiernach sehr leicht der horizontale und vertikale Abstand des Berührungspunktes von der Drehungsaxe herleiten. Jener ist um den zehnten Theil kleiner, als der Abstand in der folgenden Lage gemessen, und dieser die Hälfte des erstern, wie schon bemerkt worden, dass der Winkel, den die Seite der Lage mit der verlängerten Seite der Krone macht, oder α , der Tiefe unabhängig ist. Derselbe misst für die angenommene Neigung der Lage und für einfache Anlage der Seitendossirung 6 Minuten. Man braucht jene einfachen Zahlenverhältnisse nur auswendig zu wissen, um augenblicklich durch blosses Rechnen die gesuchten Resultate zu finden.

Die Rechnung wird aber noch leichter, wenn man eine etwas grössere Neigung der gesenkten Lage annimmt, nämlich eine solche, die in dem rechtwinkligen Dreiecke die Hypothenuse, oder die

Länge der Lage, noch einmal so gross ist, als die Kathete. Die Neigung entspricht alsdann der $1\frac{1}{2}$ fachen oder einem Winkel von 30 Graden. Eine solche darf, wenn die Strömung nicht besonders stark ist, unbedenklich noch grösser werden, da selbst feiner Sand unter Wasser sich in einer Neigung von 35 Graden schon ablagert. Wenn die Lage wieder horizontal ist, so wird sie, sobald sie herabgesunken ist, aussern Kante 5 Fuss unter der Drehungsaxe liegen. Die Stelle, wo sie den Grund berührt, ist 8,660 oder $8\frac{2}{3}$ horizontalen Abstände von dieser Axe entfernt. Man kann während die Lage noch schwimmt, leicht beurtheilen, ob jeder Stelle hinreichend weit herausgeführt ist. Ihre Länge, einmal zur Drehungsaxe gemessen, muss noch einmal so gross als die Tiefe, in welcher sie den Grund trifft, und ist diese Tiefe bis zu derjenigen Horizontal-Ebene gemessen, durch die Axe gelegt ist. Die Stelle, an welcher der Grund getroffen wird, liegt aber vom äussern Rande der Lage fünfzehnteile ihrer Länge entfernt. Der Winkel α ist in diesem Falle gleich 26 Grad 34 Minuten.

Die Drehungsaxe liegt natürlich in der untern Grenze der Faschinen-Lage und zwar an der Grenze des bereits vollständig comprimierten Theiles des Werkes, das heisst am Rande des Sand- oder Erdhaufens. Die Höhe dieser Lage treffend, so muss man immer dafür sorgen, dass sie stets unter Wasser bleibt, weil sonst das Werk überfluthet werden würde. Wenn der vollständig beschwerte Theil des Baues, auf dem die neue Lage ruht, etwa 1 Fuss über dem Wasserspiegel ragt, wie dieses gewöhnlich der Fall ist, so muss man die gefundenen Wassertiefe diesen Fuss jedesmal hinzusetzen. Die Faschinen aber in ihren Wipfelenden sehr schwach und daselbst wenig Masse haben, so müssen sie um 2 Fuss vor derjenigen Linie vortreten, welche als die äussere Grenze der Lage angesehen werden darf.

Auf diese Weise lässt sich sehr leicht beurtheilen, ob die Lage die gehörige Länge hat. Die Seitenbegrenzung ergibt sich aber aus dem mit α bezeichneten constanten Winkel. Es ist am bequemsten, denselben durch irgend welche entfernte Gegenstände zu bezeichnen, weil diese Bestimmung alsdann für die sämtlichen Lagen gleich bleibt.

an derselben Buhne gelten kann. Auf grosse Schärfe kommt es durchaus nicht an, und es genügt vollkommen, wenn man Kribbmeister ungefähr die Richtungen der beiden Seitenlinien, nachdem man sie durch eine leichte Winkelmessung vorher sucht hat. Endlich ist noch zu erwähnen, dass die beiden der Krone jede durch zwei Stangen am Ufer bezeichnet zu müssen. Dabei darf man aber nicht unbeachtet lassen, die Breite des Werkes in derjenigen Höhe, wo die Drehungs-lagen, grösser ist, als die eigentliche Kronenbreite, und ist der Unterschied zwischen beiden von dem Wasserstande Zeit des Baues abhängig.

Um die Untersuchung möglichst zu vereinfachen, habe ich es vermieden, von der Dicke der einzelnen Faschinen-on zu sprechen. Die Berücksichtigung derselben ist indessen den so eben bezeichneten Methoden zur Aufindung der Grund- zu sehr wohl vereinbar, wenn nur, wie oben angenommen, Lage in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche Dicke hat, und überdies von der Krone des Werkes bis zur Sohle des Fluss- erstreckt. Die gefundene Fläche ist alsdann nichts anders, die untere Basis der neuen Faschinen-Lage, oder diejenige, worin diese die vorhergehende Lage berührt, nachdem vollständig versenkt sind. Es ist dabei nur zu bemerken, der Längendurchschnitt der Lage kein Rechteck, sondern Rhombus sein muss; diese Figur stellt sich aber schon von dar, indem man der Faschinen-Lage an ihrem äussern Ende volle Stärke doch nicht geben kann und die Biegsamkeit des jedes jede Formveränderung gestattet.

Es kommt hierbei indessen noch ein anderer Umstand in Betracht, der häufig grosse Schwierigkeit herbeiführt. Bisher ist vorausgesetzt worden, dass die Sohle des Strombettes der Stelle, wo die Faschinen-Lage dasselbe berührt, nahe horizontal ist, oder wenigstens in der Richtung der Buhne nicht abfällt. Die angegebene Methode des Baues mit gleich und gleichmässig geneigten Lagen, von denen jede ein- vor der vorhergehenden nicht weit vorspringt, setzt in der eine solche Beschaffenheit des Bettes voraus, und bedingt ein weites Vortreten der neuen Lage, falls das Flussbette- weise dieselbe Neigung hat. die man den Faschinen-Lagen
Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

gehen will. Wenn aber vollends das Flussbette noch zu flach fällt, so muss man die Lagen ganz anders anordnen, und dennoch die beabsichtigte flachere Neigung annehmen.

Zur Erreichung dieses Zweckes giebt es zwei Mittel: entweder man wendet halbe Lagen an, d. h. solche, die den äussern Theil der vorhergehenden Lage bedecken und dem sie vollständig versenkt sind, die Oberfläche der folgenden Lage gar nicht erreichen. Andererseits bildet man aber auch sogenannte Pülv-Lagen, die an ihrem äussern Ende dicker sind, als in dem Theile, wo sie auf den vorhergehenden Lagen aufliegen. Beide Mittel sind ausführbar: das letztere ist aber meines Erachtens nicht nur das leichtere, sondern es verdient auch insbesondre den Vorzug, als dadurch allein die Bedingung erfüllt werden kann, dass die Oberfläche jeder Lage eine gleichmässig geneigte bildet. Hat man den Ausschuss, oder den äussern Theil einer Faschinen-Lage dargestellt, so ist eine beliebige Verstärkung desselben sehr leicht anzubringen, und will man nicht lose Faschinen über einander packen, so kann man ihnen einige zwischengelegte Würste leicht die gehörige Verlebung geben. Vortheilhafter und sicherer ist es aber, den hinteren Theil der Pülv-Lage, also denjenigen, womit sie auf der vorhergehenden Lage aufliegt, möglichst schwach zu halten, wie dies in den zweiten, dritten und vierten Lage Fig. 119 b dargestellt ist. Ein grosser Vorzug dieses Verfahrens beruht noch darauf, dass jede einzelne Lage an den schon feststehenden Theil des Wehres geschlossen wird, und sonach ein Verschieben durch den Druck der folgenden weniger zu besorgen ist. Die anzubringende Verstärkung ist offenbar von der Zunahme der Tiefe abhängig, und es ist ohne eine Profilzeichnung zum Grunde legt, so ist es gewiss nicht das richtige Maasse zu treffen. Irrt man aber, so bemerkt man den Fehler nicht früher, als bis die Lage durch mehreren Lagen überdeckt ist, also viel zu spät, als dass man in der folgenden Lage soviel an Stärke abnehmen oder zusetzen könnte, als die vorhergehende zu viel oder zu wenig erhalten hat. Das einfache und sorgfältige Nachmessen der Tiefe kann zwar allein grobe Fehler und Missgriffe vermeiden. Solche Fehler sind aber durch Anwendung der halben Lagen keineswegs zu vermeiden, sie treten vielmehr in diesem Falle sogar

er ein, da man die halben Lagen gewöhnlich viel zu hoch macht, oder sie zu lang macht.

Bei aufmerksamer Leitung des Baues und Beachtung der vorzulesenden Rücksichten gelingt es wohl jedesmal, das Werk regelmäßig fortzuführen und alle Lagen gehörig und leicht zu couven und zu versenken. Nachdem dieses geschehen ist, kann man erst beurtheilen, ob Fehler vorgekommen sind oder nicht, dieses giebt sich besonders aus der Untersuchung der Dossirungen, sowohl am Kopfe, wie auf beiden Seiten der Bühne zu sehen. Ein wesentlicher Vortheil eines solchen methodischen Verfahrens besteht darin, dass die Lagen, wo sie das Strombrette berühren, wirklich soweit vorgreifen, wie die beabsichtigte Neigung eben es erfordert. Die Krone, welche mit aller Vorsicht ausgeführt werden kann, erhält natürlich auch die gehörige Ausdehnung und Breite und sonach stimmen jedenfalls (wenn nicht in der Zwischenzeit, während die Lage schwimmt und den Boden noch nicht berührt, unerwartete Vertiefungen eintreten) die Dossirungen des Werkes sowohl über, als unter Wasser mit den Zeichnungen überein, die man darstellen wollte. Sind dagegen die Lagen zu stark oder zu schwach, oder auch zu lang oder zu kurz gehalten, so bilden die Seitendossirungen keine Ebenen, sondern krumme Flächen. Der begangene Fehler muss indessen schon groß sein, wenn er überhaupt bemerkt werden kann, da die Tiefenmessung auf dem losen Strauche höchst unsicher ist, geschieht daher nicht selten, dass selbst solche Werke, die aus schlecht ausgeführt sind, bei der ersten Untersuchung keinen Verdacht erregen, aber dennoch bald starke Versackungen und bedeutende Beschädigungen in der Oberfläche und besonders am Kopfe der Bühne zeigen. Die Veranlassung hierzu liegt meist darin, dass einzelne Faschinen-Lagen beim Versenken so stark zusammengedrückt wurden, dass das Beschwerungs-Material herabfiel, theils auf dem Boden, theils auf den Flächen, worauf sie aufliegen, auch so uneben, dass die Lagen desselben nicht sogleich anschliessen konnten, und sonach Hohlräume im Werke blieben, die erst später bei dem nachfolgenden Drucke sich ausfüllen und die bemerkten Versackungen zur Folge haben.

In dieser Gelegenheit muss noch bemerkt werden, dass die Unregelmäßigkeit, welche der Bühnenbau häufig bietet, und welche

zuweilen sogar die Fortsetzung der Werke bis an der besten Länge unmöglich macht, nicht selten nur durch die unangünstige Anordnung des Baues veranlasst wird. Wenn die Tiefe des Strömungsbettes gross ist, so kann eine kurze Faschinen-Lage den Grund nicht berühren, ohne sich auf den Kopf zu stellen und ihr Beschwerungs-Material zu verlieren. Man darf sich daher nicht wundern, wenn eine solche vom Strome, der mit Heftigkeit zwischen ihr und dem alten Bette sich hindurchzieht, fortgerissen und zugleich das alte Bette vertieft wird. Man kann freilich der Vertiefung des Bettes während des Baues, selbst bei gehöriger Führung, ohne Anwendung besonderer Vorkehrungen nicht immer begegnen, aber je grösser die Schwierigkeit an sich ist, desto mehr muss man sich bemühen, den ganzen Fortgang des Baues zu überwachen. Wenn man dagegen ohne Vorbehalt die Kontrolle die ganze Ausführung dem Buhnenmeister überlässt, so ist in gewöhnliche Fälle vielleicht hinreichend routinirt ist, so dass die Bildung fehlt, um ausserordentliche Schwierigkeiten zu würdigen, so geschieht es wohl, dass Maassregeln aufgestellt werden, die so verkehrt sind, dass sie selbst unter den günstigsten Umständen zu keinem Ziele führen würden, oder die das ganze Werk erst aufgehoben werden müsste, bevor es die beabsichtigte Form annehmen könnte. Dergleichen Maassregeln werden aber vermieden, wenn der Baumeister einzelne Ausführung zu beurtheilen und nöthigenfalls im Stande ist. Hierzu dürfte die vorstehende Auseinandersetzung dienen.

Die Stärke der einzelnen Lage beträgt, nachdem sie vollständig comprimirt ist, mit Einschluss des Beschwerungs-Materials etwa 3 Fuss; sie muss aber in dem losen Zustand Körper bedeutend grösser sein, damit sie bei eintretender Compression nicht zu geringe wird. Sie nimmt also nach dem Maasse ab, wie der Druck des aufgebrachten Beschwerungs-Materials oder der darüber gelegten folgenden Lagen zunimmt. Dieser Umstand ist für die Ausführung des Packwerkes von Wichtigkeit. Man belastet nämlich die Lagen keineswegs so stark, dass sie vollständig niedersinken, und dieses ist nicht nothwendig, indem das Beschwerungs-Material die ruhenden folgenden Lagen gleichfalls auf sie wirkt. Mit

theile sehr vorsichtig mit der Belastung, damit jede einzelne noch so lange schwimmt, bis sie durch die folgende überwunden wird. Indem nun aber die neue Lage eben so wie alle vorhergehenden an ihrem äussern Ende am wenigsten belastet ist, ruht sie anfangs hier viel dicker, und sonach erreicht man in den schwach belasteten Lagen viel früher die Sohle des Strombettes, als wenn man sogleich die zur vollständigen Completion erforderliche Belastung aufgebracht hätte. Der Vortheil dieses Verfahrens ist sehr wesentlich, denn jede Lage ruht im ersten Theile ihrer Länge schon während des Baues auf der vorhergehenden, und der Strom kann sich unter dem begonnenen Bau weniger hindurchziehen, woher auch die Gefahr geringer wird, dass eine grosse Tiefe sich daselbst bilden möchte. Ausserdem widersteht der noch lose Theil des Werkes dem Drucke des strömenden Wassers einen viel kräftigeren Widerstand, wenn er sich gegen den Grund stützt, und wenn jede Lage mit Ausnahme ihres vorderen Theiles auf der vorhergehenden aufliegt. Die Profilzeichnung Fig. 119 b zeigt dieses Verhalten der einzelnen Lagen und es ist noch zu bemerken, dass die vollständige und oft sogar eine stärkere Belastung als diejenige, welche das fertige Werk erfordert, schon während des Baues durch aufgesetzte Sandhaufen erreicht werden muss, die sich bis zum Anfange der letzten Lage bei A erstrecken. Diese Stelle kann daher als fest angesehen werden, sonach ändert sich auch die Axe nicht mehr, um welche die Lage bei der allwälligen Versenkung sich dreht.

In diesem lockern Zustande darf man indessen die Faschinen nicht lange Zeit hindurch stehn lassen, weil sie dem Strome die Dauer nicht hinreichenden Widerstand leisten, auch das Ueberdeckungs-Material, womit sie bedeckt sind, durch das hindurchdringende Wasser nach und nach ausgespült wird. Dieses Uebersäen darf daher nur während des raschen Betriebes des Werkes bestehen, und sobald eine Unterbrechung eintritt, und namentlich wenn das Wasser wächst, wobei auch die Strömung sehr heftiger wird, muss man sogleich eilen, alle Lagen vollständig zu versenken. In diesem Falle genügt aber leichtes Ueberdeckungs-Material für die letzte Lage nicht mehr, weil dasselbe fortgespült werden würde, wodurch der ganze Ban der Zer-

störung ausgesetzt wäre. Man muss daher diejenige Lage, welcher die Unterbrechung eintritt, in gleicher Weise, in äusserste Lage des ganzen Werkes durch gröberes Beschwermaterial sichern.

Die Fortsetzung des Baues ist nach einer solchen Unterbrechung sehr schwierig und dasselbe findet auch statt, wenn durch Unvorsichtigkeit eine Lage so stark beschwert wurde, dass sie unerwartet ganz versank. Man kann den Bau der neuen Lager jedesmal nur an der Stelle beginnen, wo das Werk über Wasser liegt; man ist also gezwungen, eine weit längere Ausbuchtung zu machen, als sonst nöthig gewesen wäre, oder man muss vor einem steil abgebrochenen Ufer durch wenig vortretende Lager nach und nach die regelmässige Fortsetzung des Baues wieder möglich zu machen suchen.

Die vorstehend hergeleiteten Regeln über die Anordnung von Packwerken sind an sich ganz allgemein. Die beispieleweise gewählten Fälle beziehen sich aber nur auf solche Bauten, die den Strom hineintreten, also auf Buhnen. Man kann jedoch ganz gleiche Weise auch Uferdeckungen und Parallelelen ausführen. Es ist nothwendig, dieses Falles besonders zu erwähnen, weil man dabei häufig eine Aenderung eintreten sieht, die sich wohl nicht rechtfertigt.

Wenn vor einem abbrüchigen Ufer, wie Fig. 132 auf Taf. 1 ein solches im Profile darstellt, ein Packwerk erbaut werden soll, so erhält dasselbe nur an der einen Seite, nämlich an der der Ströme zugekehrten, diejenige Dossirung, welche man einer Buhne an beiden Seiten zu geben pflegt, weil es sich an der andern Seite an das Ufer anschliesst. Kennt man durch genaue Vermessung die Form des Letztern, so hat es keine Schwierigkeit, die Ausdehnung einer jeden Lage des Werkes zu bestimmen. Die angegebenen Methoden lassen sich unmittelbar auf diesen Fall anwenden, und die Lager erhalten nur insofern eine abweichende Form, als sie an der Uferseite mit keiner vortretenden Ecke versehen sind, wie die Construction ergibt. Diese Lager bilden nach dem Versenken gleichfalls Ebenen und ihre stärkste Neigung fällt in die Richtung derjenigen Vertikalebene, welche in dieser Stelle durch die Längsaxe des Werkes legt; oder

den Worten, die Drehungsaxe jeder Lage ist wieder normal zu der Längsaxe des Werkes gerichtet. Wäre das Ufer nicht abgebrochen, so würden die einzelnen Lagen, während sie noch schwimmen, sich bis zum Ufer hinziehen, wie Fig. 133; wenn dagegen das Ufer, wie dieses fast immer der Fall ist, eine grössere oder kleinere Böschung hat, so schliesst sich die Lage der Lage, während diese noch schwimmt, nicht an das Ufer an, wohl aber erreicht sie dieses beim Versenken, da dasselbe in grösserer Tiefe weiter vortritt.

Die Aenderungen, die man in der Construction der Uferlagen zuweilen eintreten lässt, bestehen zunächst darin, dass man den einzelnen Lagen nicht mehr die Gestalt eines Trapezes, sondern eines rechtwinkligen Dreiecks giebt. Dieses würde von dem wesentlichen Nachtheile sein, insofern diese Ergänzung dem hinteren oder oberen Theiles der Faschinen-Lage über die Längsaxe hinaus nur die Fortsetzung der Dossirung über Wasser zur Folge haben würde, was sich später leicht beliebig ändern lässt. Sodann aber pflegt man häufig auch die Richtung der Längsaxe ganz zu verändern, indem man jede der erwähnten seitigen Lagen ohne Rücksicht auf die Dossirung des Ufers dasselbe anschliesst und mittelst der übergenagelten Würste am Ufer befestigt. Wenn diese Würste beim Versenken nicht nachgeben, so legt sich die Lage auf das Ufer auf und kann dabei so steil werden, dass das aufgebrachte Beschwerungs-Material herabfällt. Wenn dagegen die Würste, die in diesem Falle in starken Zuge ausgesetzt sind, auseinander reissen, oder nachgeben, so lässt es sich nicht vorher bestimmen, wie weit die Lage sich vom Ufer entfernen wird. Die Regelmässigkeit des Baues wird daher, abgesehen von der steilen Neigung der Lage, jedenfalls wesentlich beeinträchtigt. Wenn es auch möglich ist, sie durch Anbringung von keilförmigen Verstärkungen (Pülv-Lagen) an das Ufer anzuschliessen und ihre Längsaxen dem Ufer parallel zu legen, so ist dadurch die Construction keinesweges erleichtert, sondern im Gegentheile sehr zu erschweren. Der Beginn des Packwerksbaues ist nämlich, wie oben bemerkt worden, neben einem steilen Ufer wegen der übermässigen grossen Länge der Lagen sehr schwierig; verfährt man nach den obigen Regeln, so tritt diese Schwierigkeit nur

am Anfangspunkte des Werkes ein, nach der letzten wiederholt sie sich aber bei jeder einzelnen Faschinen-Lage.

Gewöhnlich soll ein abbrüchiges Ufer nicht in der massigen Form, die es hat, gedeckt werden, sondern dasselbe ungleich reguliren und eine gehörige Uferlinie (§. 73). Hiernach schliesst sich das Packwerk nicht unmittelbar an das Ufer an, sondern es entfernt sich zuweilen und muss alsdann in derselben Art wie eine Bühne frei in die See ausgeführt werden. Dabei tritt indessen der Unterschied der Raum zwischen diesem Deckwerke oder Parallel und dem Ufer, wenn er nicht gross ist, gleich nach Beendigung des Baues mit Erde oder Sand ausgefüllt wird, wie Fig. 134. Das dazu erforderliche Material gewinnt man gewöhnlich durch Abböschung des dahinter liegenden höheren Ufers; eine solche Ausfüllung aber auch nicht erfolgt, so ist der geschlossene Raum neben dem Ufer entweder an sich bedeutend, dass hier das Eintreten einer starken Strömung erwartet werden kann, oder man trennt durch Anschlüsse der Parallelwerken, jenen Raum in so viele Abtheilungen, dass die Strömung sehr ermässigt wird. Auf diese Weise ist es bei freiliegenden Uferdeckwerken nicht leicht ein starkes Stürzen des Hochwassers zu besorgen, und man kann an der hintern Seite entweder lothrecht oder doch mit der steilen Böschung auführen. In der Figur ist eine Böschung gewählt, wobei die Anlage dem dritten Theile der Höhe gleich ist.

Die grosse Verschiedenheit der Tiefe in jedem Querabschnitte bei solchen Werken ist Veranlassung, dass die Lagen symmetrisch erscheinen und, wie bereits erwähnt, zuweilen aus einem Dreiecke bestehen. Ich habe in Fig. 135 a. das Verfahren vollständig dargestellt, wonach man die Ausdehnung jeder Lage in solchem Falle finden kann. Die Grundrisse Fig. 135 a sind in gleichen Abständen die Querabschnitte eingetragen, und zwar beziehen sich dieselben auf die mit u. s. w. bezeichneten Linien. In dem durch die Mittellinie des Werkes, oder durch *MM* gelegten Längsprofil (Fig. 135 b) sind noch die Tiefen für zwei andere parallele *LL* und *NN* eingetragen. Man stellt im Längsprofile die einzelnen Lagen dar, wie hier durch die schrägen Linien ge-

Daraus findet man leicht die Länge jeder Lage und zwar sowohl in der Mittellinie, wie in den beiden Seitenlinien (M und N). Diese Längen müssen normal zur jedesmaligen Drehungsaxe aufgetragen werden. Die beiden Seitenlinien bilden in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit des Bohlenbaues erwähnt, nach Maassgabe der gewählten Seitendossirungen einen constanten Winkel mit der Mittellinie des Werkes oder mit der jedesmaligen Drehungsaxe. Wenn man daher diese Winkel im Grundrisse aufträgt, so sind deren äussere Schenkel die Begrenzungen der Lagen.

§. 78.

Ausführung des Packwerksbaues.

Das Packwerk besteht, wie bereits erwähnt ist, aus Faschinen, deren jede einzelne auf dem Wasser schwimmend verbunden in ihrer ganzen Ausdehnung mit Beschwerungs-Material be- wird. Letzteres darf indessen nicht so reichlich aufgebracht werden, dass die Lage sogleich vollständig versinkt, sie muss vielmehr erst durch die folgende herabgedrückt werden. Indem der hintere Rand, der dem Ufer oder dem Anfangspunkte des Werkes zugekehrt ist, auf dem bereits festliegenden Theile des Werkes ruht, so findet hier keine Senkung statt. Die Faschinen-Lage dreht sich vielmehr beim Versinken um diesen Rand, wie um eine feste Axe, und nimmt, wenn sie durch die folgenden Lagen und das aufgebrachte Beschwerungs-Material ihre vollständige Belastung erhalten hat, eine gewisse vorher bestimmte Stellung an, welche in ihrer ganzen Ausdehnung möglichst gleichmässig sein muss. Es ist gezeigt worden, wie diese Bedingung erfüllt wird, dass man der Lage eine angemessene Form, Dickschönung und Höhe oder Dicke giebt, welche letztere zuweilen an bestimmten Theilen verstärkt werden muss. Das Verfahren des Versenkens und Versenkens wiederholt sich sehr gleichmässig bei den einzelnen Lagen; es wird daher genügen, dasselbe an einer Lage zu beschreiben. Von den Vorsichtsmaassregeln, die beim Anbau des Werkes an das Ufer, so wie zur Sicherung des Werkes an Theilen oder des Kopfes erforderlich sind, soll später die Rede sein.

Die Figuren 122, 123 und 124 auf Taf. XXXIX stellen den Bau einer Lage in verschiedenen Perioden dar, und die Ausdehnung der im Bau begriffenen, so wie der nächst vorhergehenden Lage, ist in diesen Figuren übereinstimmend durch punktirte Linien angedeutet. Die vorhergehende Lage ist, wie Fig. 122 zeigt, nicht nur im Faschinenwerke vollständig beendigt, sondern auch mit Beschwerungs-Material bedeckt. Dasselbe ist jedoch im äussern Theile, wo die Lage noch schwimmen soll, nur in geringer Masse aufgebracht, woher es hier die Würste noch nicht bedeckt. In dem hintern Theile der Lage sind dagegen die Würste bereits überschüttet, und im Anschlusse an das schon festliegende Werk ist ein hoher Haufen Beschwerungs-Material aufgestellt, der einerseits die vollständige Compression hier bewirken, andererseits auch die Gelegenheit bieten soll, die Beschwerung der neuen Lage bis an diesen Haufen reicht, möglichst rasch vornehmen zu können.

Alle einzelnen Faschinen werden, wie schon bemerkt (§. 3), parallel nebeneinander gelegt, und zwar so, dass die Wipfelenden nach aussen gekehrt sind. Es kommt zunächst darauf an, die neue Lage weiter in den Strom zu treiben, ohne dass man die vorhergehende zu sehr belastet, da diese sonst fortsinken würde. Man stellt daher zuerst die sogenannte Ausschlusslage als Vorlage dar, das heisst denjenigen Theil, in welchem die folgende Faschinenreihe über die vorhergehende heraustritt. In der stromaufwärts gekehrten Ecke wird die erste Faschine aufgeworfen, und an diese schliessen sich die folgenden an, so dass die äussere (oder die vom Anfangspunkte des Werkes abgekehrte) Seite der vorhergehenden Lage mit Einschluss der beiden Ecken mit einer Faschinenreihe überdeckt wird, deren Anfang Fig. 123 zeigt. Diese Reihe springt in den Ecken nur wenig über die vorhergehende Lage vor, wohl aber geschieht dieses an der vordern Seite, und man kann sie unter günstigen Umständen bis zur halben Faschinenlänge vortreten lassen. Zuweilen ist es jedoch schwierig, auch nur einen geringen Vorsprung zu gewinnen, und man muss alsdann zu besonderen Maassregeln greifen, die später beschrieben werden sollen.

Es kommt darauf an, durch die verschiedenen übereinandergreifenden Faschinenreihen die Ausschlusslage in der bestmöglichen Form darzustellen; dabei ist jedoch auf die Wipfelenden

Faschinen nicht Rücksicht zu nehmen, weil diese zu wenig Masse haben. Die Bildung der scharfen Ecken ist gleichfalls unnöthig, durch der gehörige Schluss zwischen den einzelnen Faschinen gehoben würde. Indem man es aber vermeiden muss, die Faschinen parallel zur Seite der Lage auszuwerfen, weil in diesem Falle nicht gehörig befestigt werden könnten, so ist es Regel, dieselben immer ungefähr normal gegen die Curve zu legen, welche die ganze Reihe begrenzt. Auf diese Weise ist jede Faschine mit dem Stammende, wo ihr Querschnitt am meisten ist, im Innern des Werkes, und es ist sonach unmöglich, sie herausgerissen oder fortgespült werden kann.

Die einzelnen Faschinen müssen nicht nur recht regelmässig in geschlossener Reihe und mit Rücksicht auf die der Lage zu nehmende Form ausgeworfen werden, sondern diese Arbeit muss auch möglichst schnell erfolgen, da bei der zunehmenden Belastung die schwimmende Lage zu sinken anfängt. Zum Beischaflen der Faschinen muss daher die gehörige Anzahl von Arbeitern bestellt werden, und zwar muss diese um so grösser sein, je weiter der Faschinenhaufen entfernt ist. Man stellt zuweilen Arbeiter reihenweise auf, und lässt einen dem andern jede Faschine zureichen. Diese Anordnung ist indessen für die Leute sehr ermüdend, da jeder Einzelne gezwungen wird, die Last von dem Haufen aufzuheben. Weit vortheilhafter ist es, wenn jeder Arbeiter eine Faschine von dem Haufen entnimmt und dieselbe auf der Schulter bis zum Kribbmeister trägt. Da das Heben der Faschinen, schon erwähnt, sehr schnell erfolgt, wenn sie aufrecht und auf dem Stammende stehen, so können die Leute in diesem Falle in ununterbrochener Reihe hinter einander gehen, und es geschieht nicht selten, dass dem Kribbmeister die Faschinen noch schneller zugetragen werden, als er sie verlegen kann. Die zurückgehenden Arbeiter müssen denen, welche hingehen, weichen, und es ist am besten, wenn man beiden besondere Wege anweist. Der bequemste und nächste Weg dient aber für die belasteten Arbeiter.

Der Kribbmeister steht jedesmal an der Stelle, wo die nachfolgende Faschine verlegt werden soll. Der Arbeiter, der sie trägt, stellt sie in gleicher Weise, wie er sie aufgehoben hat, dicht vor den Kribbmeister. Derselbe fasst sie mit beiden

Händen an und wirft sie an ihre Stelle. Hat er gehörige Übung, so fällt die Faschine sogleich in die passende Lage, so dass kein weiteres Zurechtlegen erforderlich ist. Es ist natürlich, dass die Arbeit ausserordentlich verzögert werden würde, wenn der Kribbmeister sich jedesmal bücken und die Faschine an ihren Ort schieben oder wohl gar sie von Neuem aufheben müsste; solches Verfahren ist daher nicht zu gestatten, und eben so wenig ist es zulässig, dass die Arbeiter selbst die Faschinen aus der Reihe und der Kribbmeister sie alsdann ordnet, wobei das Wiederordnen unvermeidlich ist. Manche Kribbmeister haben die Gewohnheit, beim Auswerfen der Faschinen besonders dahin zu sehen, dass das Wipfelende an die passende Stelle kommt, und dass das Stammende mit dem Fusse nachzustossen. Dieses Verfahren ist wenig zeitraubend und darf daher wohl gestattet werden.

Ein gar zu ängstliches Verlegen ist indessen ohne Nutzen. Zwischen den Faschinen dürfen freilich keine Räume offen bleiben, und noch weniger dürfen die Faschinen einer Reihe stellenweise auf einander liegen; es schadet aber nichts, wenn das Stammende einer Faschine bis zu einem halben Fusse vor den übrigen vortritt oder zurückspringt.

Das bisher Gesagte bezog sich auf das Auswerfen der Faschinen in der ersten Reihe der Ausschusslage. Nachdem diese beendigt ist, wird in gleicher Weise die zweite und alle folgenden Reihen behandelt, von denen eine jede auf der vordern Seite der früheren etwas vortritt, bis man die beabsichtigte Ausdehnung der ganzen Vorlage erreicht hat. Bei schwacher Strömung kann man, wie bereits erwähnt, jede einzelne Reihe bedeutend über die vorhergehende vortreten lassen; im entgegengesetzten Falle, wenn dieses nicht möglich, man muss alsdann aber wegen der grösseren Zunahme der Tiefe die Lage an ihrem vordern Ende auch etwas senken zu verhindern. Die Ausschusslage besteht nach Umständen aus zwei bis sechs und zuweilen noch mehr Faschinenreihen. Fig. 123 zeigt die fertige Ausschusslage, aus drei Reihen bestehend, in der Ansicht von oben, und Fig. 125 im Längendurchschnitt.

Nachdem die Ausschusslage beendigt ist, geht man über zur Rücklage über, die diesen Namen von der Art ihrer

setzung erhalten hat. Man wirft nämlich zuerst die äussere Reihe aus und geht nach und nach zurück. Die Reihen der einzelnen Faschinen, so wie auch die Anordnung der Reihen stimmt dabei genau mit denen der Ausschusslage überein. Durch das Zurückziehen der Reihen werden aber immer kommenden der vorhergehenden überdeckt, woher man in der Rücklage nicht diese, sondern nur die Wipfelenden der Reihenspitzen sieht, und bei sorgfältiger Arbeit muss die ganze Oberfläche ziemlich eben sein und keine Unregelmässigkeiten an einzelnen Stellen bemerken lassen. Die Darstellung der Rücklage ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden, weil die einzelnen Faschinen immer auf der darunter befindlichen Lage ganz sicher liegen; sollte letztere stellenweise auch etwas sinken, so bilden die Reihenspitzen und die Köpfe der Pfähle so viele Unebenheiten in der Oberfläche, dass ein Forttreiben der fertigen Vorlage durch stehendes Wasser nicht leicht erfolgen kann. Aus diesem Grunde muss der Kribbmeister beim Auswerfen der Faschinen zur Lage mit aller Aufmerksamkeit dafür sorgen, dass die ganze Lage die gehörige Ausdehnung und in allen Theilen die erforderliche Dicke erhält. Sollte bei der Ausschusslage in dieser Beziehung ein Fehler begangen sein, so lässt sich derselbe bei der Rücklage immer leicht verbessern. Es darf kaum erwähnt werden, dass man die grössere Stärke der Lage dadurch hervorbringt, dass die einzelnen Reihen nur wenig gegen einander zurücktreten, und durch das entgegengesetzte Verfahren eine geringere Dicke erzielt wird. Fig. 126 zeigt den Anfang der Rücklage im Querschnitt, und die untere Hälfte von Fig. 124 denselben in der Ansicht von oben.

Da die gebundenen Faschinen grössere Zwischenräume zwischen sich lassen, so pflegt man wohl in der Rücklage, woselbst ein Aufhauen der einzelnen Reiser nicht mehr zu besorgen ist, die Reiser der Faschinen aufzuhauen und die Reiser gleichmässig zu breiten. Dieses Verfahren darf natürlich nicht früher eintreten, als bis die Faschinen verlegt sind, weil sonst das Belegen und Verpacken zu sehr erschwert würde. Es wird dabei kein wesentlicher Vortheil erreicht, und es ist sogar zweifelhaft, ob die ganze Strachmasse hierdurch in eine mehr zusammenhängende Lage gebracht wird. Das Aufhauen dient nur dazu,

die Zwischenräume in der Oberfläche etwas gleichmässiger zu theilen, wodurch die ganze Lage mehr geebnet erscheint. Sollte eine Unterbrechung der Arbeit oder das Eintreten anderer Umstände besorgt werden, wodurch die Festigkeit der Lage gefährdet werden könnte, so ist es gewiss vorzuziehen, die einzelnen Faschinen nicht zu lösen, weil die Bänder doch einigermaassen den Zusammenhang der ganzen Masse befördern.

Sobald die letzte Faschinenreihe den festen Theil des Waares oder den aufgesetzten Sand- oder Kieshaufen erreicht, so kommt es darauf an, die Lage in ihren Theilen zu verbinden, damit aus dem Senkmaterial tragen und als zusammenhängende Masse heraus sinken kann, ohne sich aufzulösen. Diese Verbindung geschieht durch Uebernageln der Würste. Man pflegt zuweilen in der Ausschusslage, auch wohl einzelne Theile derselben, schon dieser Art an die vorübergehende Lage zu befestigen, indem eine kurze Würste oder sogenannte Anker schräge übergeworfen und mit Faschinenpfählen an beide Theile genagelt werden; man verhindert dadurch, dass die Ausschusslage vom Strome zerissen oder im Ganzen fortgetrieben wird. Die Würste müssen dabei in diesem Falle nicht parallel zur Längenrichtung des Waares, sondern schräge dagegen gelegt werden, so dass sie an der obern oder stromaufwärts gekehrten Ecke der fertigen Lage befestigt sind, und sich stromabwärts über den Ausschuss hinziehen. Man erreicht bei dieser schrägen Richtung noch ein Vortheil, dass die Würste eine grosse Anzahl von Faschinen in jeder Reihe treffen und daher eine weit kräftigere Verbindung bewirken. Bei grosser Breite der Ausschusslage wirft man auch mehrere Würste aus, die alsdann sämmtlich in schräger Richtung parallel zu einander liegen. Es ist aber ganz zwecklos, über diese Würste noch andere kreuzweise zu legen, da letztere gegen den Druck des Stromes keinen Widerstand äussern können. Dieses Verfahren ist sogar nachtheilig, in sofern in der Durchkreuzung ein viel grösserer freier Raum entsteht, der nicht gefüllt werden kann. Selbst jene ersten Würste sind schon in sofern nachtheilig, als sie neben sich leere Räume bilden, welche weder durch die darunter, noch durch die darüber liegenden Faschinen, und eben so wenig durch das Beschwerungs-Material ausgefüllt werden, da letzteres erst auf die Rücklage geworfen wird. Es ist daher

er, dieses Anschliessen der Ausschusslage zu vermeiden, so man kein Abreissen besorgen darf.

Auf der fertigen Rücklage ist das Auflegen der Würste statt derselben der Flechtbänder nothwendig. Dieses ist aber ohne Nachtheil, indem die vertieften Felder dazwischen mit Material gefüllt werden. Man bringt zuerst die Randwürste aus, heisst, man legt möglichst nahe am Rande der neuen, soweit man sich demselben nähern kann, zwei Würste neben einander, die also die ganze Lage umgeben und bis zum festen Boden des Werkes oder bis zum Kieshaufen reichen. Sollten die Würste nicht lang genug sein, so müssen sie gestossen werden, man sorgt aber dafür, dass die Stösse beider Randwürste nicht übereinstimmen. In jedem Stosse schiessen beide Enden etwa 1 Fuss Länge an einander vorbei und werden mit einigen Bindweiden in der oben beschriebenen Art zusammengehalten. Demnächst werden in Abständen von 2 Fuss die Fackelpfähle durch die Würste hindurchgetrieben, man steckt sie schief nach der innern und äussern Seite etwas geneigt ein, und ein anderer Arbeiter, der mit einem hölzernen Schlägel versehen ist, treibt sie soweit herab, dass ihr Ende 6 bis 9 Zoll über der Wurst vorsteht. Dieses ist, wie schon angeführt, nothwendig, um zu verhindern, dass sie sich nicht ganz durch die Wurst hindurchziehen, ausserdem aber dient der vortretende Theil des Pfahles auch noch zur Darstellung einer Ordnung mit der folgenden Lage.

Parallel zu den Randwürsten werden andere Würste in gleicher Weise gelegt, die am vordern Theile der Lage von jenen und sich 2 bis 3 Fuss entfernt sind, sich aber rückwärts einwärts nähern, damit sie sämmtlich, ohne sich zu kreuzen, an den vordern Theil des Werkes angeschlossen werden können. Die obere Ansicht von Fig. 124 zeigt diese Anordnung. Es darf kaum erwähnt werden, dass das Auflegen und Festnageln mehrerer Würste gleichzeitig erfolgt, jedoch darauf Rücksicht genommen wird, dass die Leute sich nicht gegenseitig in ihren Verrichtungen stören.

Bei diesem Aufbringen und Befestigen der Würste entsteht Schwierigkeit, dass das Gehen und selbst das Stehen auf den Flechtmaschinen höchst unbequem ist. Die Arbeiter gewöhnen sich bald daran, die Füße immer quer über die Reiser zu setzen,

wodurch sie ein tiefes Einsinken vermeiden, aber dennoch die Unbequemlichkeit so gross, dass ältere Arbeiter, wenn auch sonst tüchtig und kräftig sind, in diesem Falle nicht leisten. Das Legen der Würste, sowie das Einschlagen der Pfählen erfordert indessen wenig Körperkraft und wird leichter, je weniger der Arbeiter einsinkt oder je leichter er ist. Man kann daher hierbei mit grossem Vortheil jüngere und selbst Knaben benutzen; letztere sind überdies im die Randwurst weiter herauszulegen und besser zu befestigen ausgewachsene Personen, da sie von der schwimmenden Lage sicherer getragen werden. Wenn es auch nicht möglich ist, den andern Theilen der Ausführung des Baues die Knaben vortheilhaft wie hier zu beschäftigen, so fehlt doch nicht die Gelegenheit dazu. Manche Verrichtungen können eben durch schwächere, wie durch kräftigere Arbeiter ausgeführt werden, wenn sie gleich im ersten Falle nicht so schnell von statten gehen für andere aber, wie etwa für das Beitragen der Faschinen, sich gleichfalls junge Leute, sobald man ihnen die erforderliche Erholung gestattet, oder sie in Ablösungen arbeiten lässt. Die Annahme solcher und selbst kräftiger Knaben pflegt die Ausführung von Packwerksbauten keineswegs die Arbeit zu vermehren, vorausgesetzt, dass man sie für geringeren Lohn engagiren kann.

Zur Vervollständigung der Lage gehört endlich noch das Aufbringen des Beschwerungs-Materials. Die Vorrichtungen, welche dabei zu nehmen sind, habe ich schon bereits erwähnt. Die ganze Lage wird bis zu den Rändern beschüttet, jedoch nur so hoch, dass sie nicht vollständig sinkt, sondern noch immer über dem Wasser bleibt. Bei der Bedarf der vordere Theil der Lage nicht zu stark belastet werden, da er über die vorbergehende heraustritt und frei im Wasser weiter rückwärts rüssern schon die darunter befindlichen Faschinen einen kräftigen Widerstand gegen das Sinken, wenn sie noch nicht vollständig comprimirt sind. Die Quantität des zubringenden Materials ist aber theils nach dem specifischen Gewichte desselben und theils nach der Holzart und der Troch der Faschinen sehr verschieden. Die Einsenkung selbst kann zum Maassstabe für die Belastung dienen und man darf

vergessen, dass die Lage nicht sogleich bis zu derjenigen eintaucht, welche der Belastung entspricht; sie sinkt vielmehr, ohne dass neues Material aufgebracht wird, nach und nach herab, wozu das Eindringen des Wassers in das Strauchwerk die Entfernung der anfangs noch zurückbleibenden Luft eine Veranlassung giebt. Man muss also die Belastung so aufbringen, dass dieselbe noch einige Zolle hoch über der Lage bleibt. Wenn alsdann später eine tiefere Senkung eintritt, sinkt dieses Material bei der Eintauchung wieder einen Theil seines Gewichts und man darf deshalb das vollkommene Versinken nicht befürchten. Die einzelnen Reiser vertragen, wenn sie sehr lange im Wasser gelegen haben, ihre Tragkraft, daher darf man nie darauf rechnen, die beste Lage länger, als höchstens einige Tage hindurch schwimmfähig zu erhalten. Es ist sogar Regel, die neue Lage immer unmittelbar nach Beendigung der vorhergehenden, oder beim Beginn der Arbeit am folgenden Morgen zur Ausführung zu legen. Im ersten Falle kann das Beschwerungs-Material unmittelbar aufgebracht werden, was in Bezug auf die gleichmässige Vertheilung desselben in dem ganzen Körper des Baues vortheilhaft ist.

Bei der festen Verbindung und der Steifigkeit der ganzen Lage können einzelne Theile derselben nicht so tief eintauchen, als es geschehen würde, wenn sie ganz frei wären. Bei gleichmässiger Belastung wird die Lage zwar merklich gesenkt, aber die am stärksten belasteten Stellen werden durch die mehr Tragfähigkeit behalten haben, am tiefern Eintauchen verhindert. Dieser Umstand ist in sofern vortheilhaft, als er eine ganz gleichmässige Vertheilung des Beschwerungs-Materials bewirkt, die bei der gewöhnlichen Art der Ausführung nicht zu erreichen sein würde. Andererseits aber folgt hieraus die Nothwendigkeit, beim Beschweren der Lagen vorsichtiger zu gehen, und nicht etwa einzelne Stellen, die zufälligerweise schwach belastet waren, zuletzt noch stark zu beschütten, wozu diese nicht nur sich selbst, sondern die ganze Lage schwimmfähig erhalten müssen. Besonders darf man nicht auf dem Äusseren der Lage das Beschwerungs-Material zu stark aufbringen, was viel vortheilhafter und geschieht auch ziemlich allgemein, vgl. Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

dass man die neue Lage zuerst an ihrem hintern Theile, wo sich an den festen Körper anschliesst, beschwert und von aus nach und nach und zwar mit schwächerer Beschüttung vordern Theile übergeht.

Um ein zu starkes Herabsinken der Lage während der Bauzeit bis zur Fortsetzung des Baues zu verhindern, ist sehr wichtig, schon beim Aufbringen des Beschwerungs-Materials das Wasser zwischen die Reiser und namentlich zwischen die Blätter eintreten zu lassen und die Luft daraus herauszutreiben. Man erreicht dieses am sichersten durch starke Erschütterung. Im schwimmenden Theile der Lage tritt eine solche im hinreichenden Maasse schon beim Gehen der Arbeiter und Aufkahren des Sandes von selbst ein. Bei zu starken Bewegungen würde aber leicht der Sand durch das lose Strauch hindurchfallen vom Strome fortgetrieben werden. Die letzte Besorgnis schwindet für diejenige Stelle, wo bis zum Strombette herab die Lage auf der andern ruht, aber eben dadurch zeigt sich hier schon eine grössere Festigkeit, welche Veranlassung giebt, das Wasser in die neue oder obere Packung schwerer einzutreiben. Der Gebrauch der Handramme ist daher hier sehr wichtig, sogar nothwendig, doch darf sie nicht früher gebraucht werden, bis das Beschwerungs-Material wirklich aufgebracht ist, weil die Würste und noch mehr die Pfähle leiden und der obere elastische Körper überhaupt in seiner Verbindung gelöst werden würde.

Ueber das Aufbringen des Senkmaterials ist noch Folgendes zu bemerken. Man stellt soviel Arbeiter, als ohne gegenseitige Störung geschehen kann, an den Sand- oder Kieshaufen vor der neuen Lage und lässt sie die ganze Masse auf diese werfen, wodurch eine starke Belastung des hintern Theiles der neuen Lage entsteht. Wenn auf solche Weise der Haufen beseitigt ist, werden die Karadielen ausgelegt, und vom Ufer aus oder auch wohl von Kähnen, die zur Seite des Werkes liegen, wird die Beschüttung nach und nach gegen den vordern Rand der Lage ausgedehnt, während am hintern Ende die Handramme gebraucht wird. Eine durchaus gleichmässige Vertheilung des Materials über die ganze Breite des Werkes ist nicht darzustellen, man muss aber dafür sorgen, dass dieselbe doch nicht gar verschieden ausfällt, und man erreicht dieses besonders durch

die Karrdielen häufig verlegt werden. Ausserdem müssen besondere Arbeiter zum Ausgleichen der beim Umstürzen der Karr aufgeworfenen Sandhaufen angestellt werden. Im vordern Theile der Lage, wo die Aufschüttung gemeinhin nicht die Höhe der Würste erreicht, dienen letztere zur Beurtheilung der Gleichzeitigkeit der Sanddecke. Wenn das Beschwerungs-Material auf diese Weise auf die neue Packung aufgebracht ist, so wird der Anschluss an den bereits festliegenden Theil des Werkes besonders beschwert, und man bildet hier wieder einen neuen Sand- oder Kieshaufen, der einestheils die vollständige Compression bewirken, andertheils aber dazu dienen soll, das Material zur Belastung der folgenden Lage wenigstens zum Theil an der Stelle zu haben.

Mit dem Bau der einzelnen Lagen wird in der angegebenen Weise so lange fortgefahren, bis der festliegende Theil oder die Längungsaxe der Lage mit Rücksicht auf den Wasserstand zur Mitte des Baues entweder in den Kopf der Buhne, d. h. in die Mittellinie, oder ausserhalb derselben in die Kopfdossirung der Buhne fällt. Alsdann ist der untere Theil des Werkes, den man als schwimmenden Lagen ausführen muss, beendigt. Ueber die Ausführung der Versenkung der letzten Lage soll noch später die Rede sein, hier muss aber das Verfahren zur Erhöhung des Baues zur erforderlichen Kronenhöhe beschrieben werden.

Das Packwerk ist nach der Ausführung und Versenkung aller Lagen ziemlich horizontal abgeglichen, und zwar in der Höhe von 2 Fuss oder 1 Fuss über dem dermaligen Wasserstande. Seine Neigung ist in der Oberfläche verschieden, und zwar in der Nähe des Ufers am grössten, weil bei gleicher Kronenbreite die Anlage der Dossirungen hier am bedeutendsten ist. Die Form und Höhe der aufzusetzenden keilförmigen Körpers ergibt sich aus dem Wasserstande und seine Ausführung bietet keine Schwierigkeit, weil sie durch das Wasser erfolgt. Im Allgemeinen ist diese Construction aber der früheren ähnlich. Es wechseln Faschinen- und Erdlagen ab; da jedoch die Würste, die zur Verbindung der ersten Lagen hier nicht fehlen dürfen, nicht füglich anders als parallel zur Längungsaxe des Werkes liegen können, so thut man am besten, die Faschinen in diesen oberen Lagen quer über das Werk oder normal zur Längungsaxe, und zwar mit den Wipfelenden nach aussen zu legen.

Die Vertheilung und Befestigung der Würste ist dieselbe, wie in den andern Lagen, man pflegt aber in der Nähe der Krone mehr Pfähle in grösserer Anzahl zu verwenden, um wegen der mehrfachen Belastung und des stärkeren Angriffes durch den Strom und das Eis eine innigere Verbindung darzustellen. Die aufgebrachte Erde, besonders wenn sie etwas feucht ist, sinkt nicht so leicht in die Zwischenräume des Strauches herab, wenn unter Wasser, man muss daher das Eindringen derselben durch ein starkes Abrammen befördern. Sollte dabei die Erde oder der Sand so stark fortsinken, dass die Zwischenräume zwischen den Würsten nicht gehörig angefüllt sind, so bringt man nach dem Bau der folgenden Lage aufs Neue eine Schicht Senkholz auf. Ueber die Befestigung der obersten Lage oder der Krone des Werkes wird später die Rede sein; wenn aber vor dem Aufbringen der letzten Schutzdecke ein merkliches Sinken an einzelnen Theilen oder im Ganzen bemerkt werden sollte, was namentlich der Fall ist, wenn die Belastung während des Baues ungenügte, so muss man vorher durch neue Faschinen-Lagen eine neue Beschwerung derselben die Ausgleichung der Krone bewirken.

Es ist bisher nur von demjenigen Verfahren die Rede gewesen, welches bei regelmässigem und ungestörtem Fortgange der Arbeit stattfindet. Manche grosse Schwierigkeit in der Fortsetzung des Baues wird freilich nur durch die Schuld des Kriibhmeisters herbeigeführt, und würde vermieden werden, wenn die vorstehend entwickelten Regeln immer gehörig beachtet und namentlich jedesmal für die erforderliche Länge der Lagen gesorgt würde. Unterlässt man diese Vorsicht und baut man sorglos weiter, so stellen sich alle späteren Lagen sehr steil, verlieren ihr Beschwerungs-Material und der unter ihnen hindurchziehende Strom vergrössert sehr schnell die Tiefe. Durch starkes Aufparken und Belasten gelingt es wohl, das ganze Werk endlich hernahzudrücken, aber einerseits hat es alsdann die gehörigen Seitendossirungen und somit seine Festigkeit und Stabilität verloren; andererseits aber löst es sich auch an seinem Kopfe zu steil ab, wodurch die Wirbelbildung befördert und die Tiefe dazselbst noch mehr vergrössert wird. Wenn ein Werk unter solchen Umständen ausgeführt ist, so ist einem starken Angriffe nicht widerstehen und wird gemeinlich zerstört. Wenn dagegen der heftige Strom und die grosse Wa-

ne Unterbrechung des Baues veranlassten, so ist der Wiederbau desselben um so schwieriger, als die Tiefe sich in der Zwischenzeit noch vergrössert hat und alle Lagen vollständig herabsunken sind. Auch der Mangel an Faschinen und an andern Baumaterialien führt zuweilen ähnliche Folgen herbei, und Schwierigkeiten werden in beiden Fällen zuweilen so gross, dass man der Buhne die beabsichtigte Länge gar nicht geben kann, wodurch der Erfolg der ganzen Regulirung vereitelt wird.

Zuweilen bietet indessen der starke Strom und die grosse Tiefe schon an sich solche Schwierigkeiten, dass die Fortführung und Beendigung des Baues nach den beschriebenen Methoden unmöglich wird und namentlich die Lagen nicht weit genug vorgetrieben werden können. Es ist aber leicht einzusehen, dass diese Schwierigkeit besonders gross wird, wenn schon die vorhergehenden Lagen nicht die gehörige Länge erhalten haben, man sonach der in der Ausführung begriffenen noch diejenige Länge zusetzen muss, um welche die vorhergehende verkürzt ist. Es kann daher auch vorkommen, dass man etwa wegen starker Anschwellung des Stromes, oder vielleicht wegen einer erwarteten Unterbrechung der Material-Lieferung gezwungen den Bau halbvollendet einige Zeit hindurch stehen zu lassen, dass es doch immer Regel bleiben, der letzten Lage die angemessene flache Böschung zu geben. Da jedoch die Veranlassungen zu Unterbrechungen des Baues zum Theil nicht vorhersehbar sind und oft sehr unerwartet eintreten, so ist es am sichersten, jede einzelne Lage in der Länge auszuführen, dass sie nach ständiger Belastung die gehörige Dossirung annehmen kann.

Für den Fall, dass die Tiefe während des Baues sich nicht ändert, ist es leicht, die erforderliche Länge jeder einzelnen Lage zu geben, aber häufig ändert sich die Tiefe, während die Lage gebunden wird und nach und nach herabsinkt. Die Aenderung wird dann natürlich um so grösser, je weiter diese Zwischenzeit sich ausdehnt. Eine solche Vertiefung pflegt indessen nicht leicht zu geschehen und der aufmerksame Kribbmeister merkt sie schon bei denjenigen Lagen, wo sie ihrer Geringfügigkeit wegen nicht als wesentlich nachtheilig angesehen werden kann. Er nimmt alsdann bei der folgenden schon auf sie Rücksicht, und da die Voraussetzung einer grössern Vertiefung, als

wirklich eintritt, zwar einige Erschwerung der Ausführung zur Folge hat, aber an sich nicht nur unschädlich ist, sondern auch den ferneren Bau erleichtert und das fertige Werk verstärkt. Ist es rathsam, beim Eintritt einer starken Strömung, die eine Vertiefung besorgen lässt, für diese eine solche Grösse vorauszusetzen, die ganz sicher nicht hinter der wirklichen zurückbleibt. Bei dieser Schätzung ist nicht nur die Stärke der Strömung zu betrachten, sondern auch die Beschaffenheit des Grundes, besonders die Dauer der Zwischenzeit zwischen der Ausführung der Lage und ihrer vollständigen Versenkung.

Die ersten Faschinen jeder Reihe, welche in die Seitenrichtung treffen und vor der vorhergehenden Lage nicht vorrücken werden zwar selbst bei heftigem Strome nicht fortgetrieben und bilden sogar einen kräftigen Schutz für die folgenden. Nicht desto weniger ist dieser zuweilen doch nicht genügend, um die folgenden Faschinen zu sichern, die vielmehr bald vom Strome erfasst und mit dem Wipfelende stromabwärts gekehrt werden. Sie verlieren dadurch ihre geschlossene Lage, sind also weniger geeignet, die folgende Reihe zu halten, und ausserdem wird der eigentliche Zweck des Ausschusses dabei vereitelt, da sie vor der vorhergehenden Lage nicht mehr hinreichend weit vortreten. Sobald sich daher dieser Uebelstand zeigt, so muss man demselben entgegenwirken; lässt man ihn unbeachtet, so lösen sich bald grosse Massen von Faschinen und treiben fort, woher man das Auswerfen aufs Neue beginnen muss. Es ist hierbei indessen nicht nur die Bewegung der Faschinen in horizontaler Richtung zu besorgen, sondern da unter dem ganzen schwimmenden Theile des Werks ein starker Strom hindurchzieht, so stellt sich auf der vordern Seite eine abwärts gekehrte Bewegung im Wasser ein, welche die freiliegenden Wipfelenden der Faschinen häufig fasst und sie in die Tiefe zieht oder sie schräge stellt.

Die Mittel, welche man in Anwendung bringen kann, um dieses zu verhindern, sind sehr verschieden. Hierher gehört zunächst die Vorsicht, wovon schon oben §. 76 die Rede war. Dieselbe besteht darin, dass man an der vordern Ecke, wo die Gefahr immer am grössten zu sein pflegt, unbelastete trockne Faschinen auslegt, die eines Theils das Wasser weniger aufhalten und daher einen schwächeren Druck erfa-

den Theile aber wegen des geringeren specifischen Gewichts nicht so leicht herabgezogen werden. Je grösser die Anzahl der hinter einander liegenden und gleich weit vortretenden Faschinen ist, um so mehr vertheilt sich der Stoss auf sie, und kann daher in einiger Entfernung von der Ecke wieder an Faschinen anwenden.

Sodann hat man zuweilen die Gewohnheit, an den Stellen, der Angriff am stärksten ist, recht feste und gut gebundene Faschinen anzuwenden und jede derselben mit zwei Pfählen an vorhergehende Lage oder an die bereits ausgeworfene Reihe anzunageln. Schemerl räth sogar, dieses Verfahren bei Faschinen des Ausschusses anzuwenden. Die hierdurch eingeführte Verzögerung steigert indessen die Gefahr, und es dürfte es zweifelhaft sein, ob dieses Verfahren wirklich hilfreich ist.

Ein anderes Mittel, welches man häufig anwendet, und wo bei mässigem Angriffe des Stromes Unordnungen in der Flusslage ziemlich sicher verhindert werden, besteht darin, man, wie Fig. 127 zeigt, ein Stück Wurst über den bedrohten Theil der Reihe wirft und das vordere Ende oben festnagelt. Die Wurst an sich würde wenig an den vor geworfenen Faschinen haften und daher das Forttreiben oben auch nicht verhindern; dieses geschieht aber, wenn ein liegendes oder schwimmendes Ende mit einer Menge von zweie eingesteckten Pfählen versehen ist, an welche die Faschinen sich lehnen. Man nennt diese Vorrichtung einen Bock. Durch wird das unmittelbare Aufliegen und Ineinandergreifen Faschinen verhindert, und es ist nicht rathsam, von diesem zu häufig Gebrauch zu machen, es vielmehr nur anzuwenden, wenn die regelmässige Verpackung in Folge des heftigen Stosses unmöglich wird.

Sodann wendet man zuweilen mit gutem Erfolge das in Fig. 129 XL dargestellte Verfahren an. Man sucht nämlich recht feste Faschinen aus und bindet davon je zwei zusammen, so dass eine ringförmige Verbindung entsteht. Mit dem Verlegen wird man an der stromaufwärts gekehrten Ecke der schwimmenden Wurst den Anfang gemacht, und jedes einzelne Faschinenpaar wird dem einen Sturzende gegen die Randwurst gestützt und mit

dem andern auf derselben festgenagelt. Wenn Alles gehörig vorbereitet ist, geht diese Arbeit, wobei für jedes Paar nur das erforderlich ist, recht rasch von statten, und indem die drei Kreuze, von denen hier nur drei gezeichnet sind, sich einander lehnen und ziemlich geschlossen verlegt werden, so ist die ganze Reihe derselben hinreichend befestigt, um heftigen Strömung Widerstand zu leisten. Die Ueberklebung der Faschinen hat freilich wieder den Nachtheil, dass grosse Räume bleiben, die sich nicht leicht ausfüllen lassen und bei starker Beschwerung verschwinden. Dieses findet jedoch dem untern Theile der Lage statt, welche das Strombett unmittelbar bedeckt; die fernere Packung erfolgt ohne weitere Brechung und ganz regelmässig. Der Vortheil dieses Verfahrens besteht aber darin, dass man nicht nur die Ausführung einer einzelnen Faschinenreihe, sondern die der ganzen Ausschluss auf diese Weise sicher stellt.

Die sogenannten schwebenden Lagen sind ein Mittel, um bei heftiger Strömung den Ausschuss recht weit zutreiben. Es ist mehrfach erwähnt worden, dass die Faschinen um so sicherer liegen, je vollständiger die ganze Reihe der bereits dargestellt ist. Wenn man daher diese Reihen nicht dem Wasser schwimmend, sondern über demselben schwebend legt und sie erst eintauchen lässt, wenn sie schon vollständig gelegt sind, so ist die Gefahr einer Zerstörung sehr vermindert und dieselbe verschwindet beinahe ganz, wenn mehrere sich deckende Faschinenreihen gleichzeitig herabsinken. Man sieht wie Fig. 130 zeigt, starke Aeste in die letzte, bereits ausgesetzte Lage und stösst sie so tief herab, dass sie einem bedeu-
 Drucke Widerstand leisten können, bevor sie sich abwärts
 oder abbrechen. Alsdann lehnt man die erste Faschinenreihe
 Ausschusses flach dagegen, und stellt auf diese die zweite
 und so fort, bis endlich durch das zunehmende Gewicht der
 Ausschuss auf einmal in das Wasser sinkt. Dieses Verfahren
 zuweilen unter schwierigen Umständen mit Erfolg angewendet
 worden; es ist dabei aber immer grosse Vorsicht nöthig, dass
 die Senkung recht gleichmässig geschieht, weil ein zu früh
 stürzender Theil ausser Verbindung mit den übrigen ist und
 gleich vom Strome fortgetrieben wird.

Endlich erwähne ich noch eines andern zu demselben Zwecke dienenden Mittels, welches freilich einige Vorbereitung erfordert, selbst unter den schwierigsten Umständen volle Sicherheit führt und ausserdem die Möglichkeit bietet, die Verpackung regelmässig vorzunehmen, ohne dass Würste dazwischengelegt die fertigen Lagen durch eingesetzte Aeste aufgerissen werden können. Dieses ist der Schwimmbaum. Bei den Banten am Rhein im Düsseldorfer Regierungsbezirke wurde er vielfach benutzt, oft in starker Strömung der Ausschuss weit vorgetrieben werden konnte. Ein Stück Rundholz, welches so lang ist, dass es die Breite der Lage überspannt, befestigt man mittelst eines Seiles an das Ufer oder an einen Anker, so dass es, wie Fig. 131, in geringem Abstände vor der bereits fertigen Lage schwimmt. In starker Strömung liegt es hier nicht ruhig, sondern treibt stets immer hin und her. Man muss alsdann einen Arbeiter auf die schwimmende Lage stellen, der den Baum mit einem Bootshaken festhält. Die Faschinen werden nunmehr in gewöhnlicher Weise ausgeworfen; sie fallen jedoch nicht in das Wasser, sondern fallen mit den Wipfelenden auf dem Schwimmbaum, durch den sie gezogen und zugleich in ihrer Lage gehalten werden. Die nächste Reihe Faschinen lässt sich auch noch über den Baum werfen, so dass die Stelle desselben verändert werden müsste. Er darf sich nicht zu sehr belastet werden, weil es sonst zu schwierig wäre, ihn später weiter zu schieben. Sobald daher einige Reihen Faschinen ausgeworfen sind, stösst man den Baum mittelst der Haken, die man an beiden Enden und wo sonst grade Gelegenheit dazu vorhanden ist, einsetzt; man darf ihn aber nicht bis vor die äussere Faschinenreihe treiben, weil diese bei vorausgesetzten starken Strömung noch der Unterstützung bedürftig ist. In solcher Weise lässt sich jederzeit selbst eine lange Ausschusslage ohne Schwierigkeit ausführen. Der Baum trägt während ihr vorderes Ende und sichert dasselbe gegen den Rückfluss des Wassers. Er bleibt auch an seiner Stelle, während die Lage gepackt wird, und erst wenn die Würste aufgebracht und festgenagelt sind und die Beschwerung auf den vordern Theil wirken anfängt, zieht man ihn an dem Tau, woran er befestigt ist, heraus. Beim Beginn der folgenden Lage wird er wieder in seiner Entfernung gehalten, dass die Faschinen mit den Wipfel-

enden ihn erreichen. Man kann auf diese Weise selbst ungewöhnlich lange Lagen, oder sogenannte Senklagen anordnen, die jedoch bis zu ihrer Vollendung und Versenkung nur von einem einzigen Baume getragen werden, sondern an gewissen Abständen von etwa 18 oder 24 Fuss immer auf neuen Schwimmbaume ruhen, und daher an diesen Stellen getrieben werden, bis nach und nach, wenn die Versenkung erfolgt, ein Baum nach dem andern und zuletzt der äusserste herausgezogen wird. Von diesen Senklagen wird im Folgenden ausführlicher und zwar bei Gelegenheit der Sicherung der Packwerke die Rede sein.

Die Ausführung der Uferdeckungen, und zwar eben sowohl wenn dieselben vom Ufer getrennt sind, als wenn sie unmittelbar davor liegen, stimmt genau mit der der Bühnen überein. Dabei ist nur zu bemerken, dass man bei solchen Uferdeckungen an dem stromaufwärts gekehrten Ende den Anfang macht, wodurch der Bau sehr erleichtert wird, weil man alsdann die Faschinen nicht gegen den Strom, sondern mit demselben auswirft. Es zeigen sich hierbei nicht leicht Schwierigkeiten einzustellen, wenn irgend eine Maassregel zur Sicherung der Ausschusslagen erforderlich machen. Anders verhält es sich jedoch, wenn man die sämtlichen Lagen der Uferdeckung an das Ufer anschliessen will. Es ist schon früher erwähnt, dass bei dieser Bauart die regelmässigen Dossirungen dargestellt werden können, sie haben ausserdem noch den grossen Nachtheil, dass die Verpackung der Faschinen durch den Strom sehr erschwert wird. Es leidet wohl keinen Zweifel, dass die Uferdeckungen viel vortheilhafter dargestellt werden, wenn die beim Bühnenbau übliche Construction genau befolgt, also jede neue Lage wieder an die vorhergehende angeschlossen wird. Im Querschnitte erscheinen alsdann alle Lagen horizontal, wie Fig. 132 zeigt. Man nennt die aus Faschinen erbauten Uferdeckwerke, die unmittelbar am Ufer liegen, gewöhnlich Bleeswerke. Diese Benennung ist im nördlichen Deutschland ziemlich allgemein verbreitet, wiewohl sie in der Holländischen Sprache, aus der sie entnommen ist, eine ganz andere Bedeutung hat. Bleesen, eigentlich Haare, sind nämlich die Enden der Faschinen: eine Bleeslage ist daher eine solche, im Gegensatze zu der in Holland üblichen Construction

Wipfelenden nach aussen gekehrt sind, und dieses geschieht nur bei den Senklagen.

Es ist wiederholentlich darauf aufmerksam gemacht worden, nachtheilig jede Unterbrechung eines Packwerksbaues ist.

Wenn eine solche eintritt, muss man die letzte fertige Lage vollständig versenken, und damit das Beschwerungs-Material während Zeit, dass es frei liegt, nicht fortgespült wird, muss man Steine oder wenigstens recht groben Kies verwenden. Beim Beginn der Arbeit tritt die Schwierigkeit ein, dass man den Schuss in den nächsten Lagen viel weiter vortreiben muss, als bei regelmässiger Fortsetzung des Baues nöthig gewesen wäre.

Ausserdem ist gemeinhin während der Unterbrechung eine tiefe Vertiefung vor dem angefangenen Werke eingetreten, welche die Fortsetzung aufs Neue erschwert und zugleich einen beträchtlichen Mehrbedarf an Faschinen und anderem Material zur Folge hat. In vielen Fällen, und namentlich wenn ein unerwartetes Ueberschwellen des Stromes eintritt, ist die Unterbrechung des Baues unvermeidlich, zuweilen wird sie aber auch dadurch herbeigeführt, dass die Lieferung der Materialien nicht in der erwarteten Weise erfolgt, und die Vorräthe auf der Baustelle erschöpft werden.

Zufälligkeiten dieser Art kann man sich indessen gemeinhin durch gehörig bindende Contracte unter genauer Bestimmung der Lieferungs-Termine abgeschlossen sind, und der Unternehmer bei eintretender Verzögerung sogleich, und noch ehe das Material verbraucht ist, in Folge der im Contracte festgesetzten Androhung auf Kosten des Lieferanten die Faschinen aus der Hand ankauft. Nachsicht gegen den Lieferanten führt in der Regel gewöhnlich zu sehr bedeutenden Mehrkosten, und die Verzögerung im Beischaflen des Materials nur deswegen, weil die Frachten bei hohem Wasser etwas wohlfeiler sind, als während des für die Ausführung des Baues günstigen Wasserstandes.

Die Lieferung pflegt aber immer sogleich und ohne Unterbrechung mit Aufbietung aller Kräfte fortgesetzt zu werden, sobald der Baumeister den Ankauf aus freier Hand auf Kosten des Unternehmers ankündigt.

Der Bau einer Buhne erfolgt gemeinhin in so kurzer Zeit, dass während derselben auf Anlieferung grosser Quantitäten von Material nicht gerechnet werden kann. Es sollte daher in den

meisten Fällen Regel sein, den einzelnen Bau nicht früher zu fangen, als bis die Faschinen, welche man dazu braucht, auch die Pfähle, Bindeweiden und dergleichen schon auf der Baustelle vorhanden sind. Dabei muss man aber auch darauf Rücksicht nehmen, dass bei etwanigem Mehrbedarf an Material in Folge einer eintretenden Vertiefung, dieser gleichfalls durch den vorhandenen Vorrath gedeckt sein muss. Es kann sich dabei freilich ereignen, dass man Faschinen, die zu einem andern Bau bestimmt waren, unnöthiger Weise hierher bringen lässt; der Transport und das Umsetzen derselben vermehrt zwar die Kosten, doch ist der Nachtheil im Vergleiche zu den Uebelständen, die man vermeiden will, so unbedeutend, dass er nicht in Betracht kommt. Gewöhnlich baut man auch ganze Systeme von Buhnen, und alsdann ist es besonders leicht, in einzelnen unvorhergesehenen Fällen die Verlegenheit zu vermeiden.

Die Zunahme der Tiefe vor dem Kopfe der fertigen Buhnen, wodurch der spätere Angriff des Stromes auf dieselben vermehrt wird, so wie auch die Vertiefung während des Baues vor den bereits dargestellten Theile desselben, welche die Ausführung des folgenden Theiles vertheuert und erschwert, lässt sich durch die Anbringung von Senklagen vermeiden. Dieselben sind auch an Uferdeckwerken, wo sie sich besonders leicht darstellen lassen, von grossem Nutzen, und oft vertreten sie sogar allein die Stelle der letzten. Sie bestehen aus möglichst flachen Strauchbündeln, welche nicht nur unter dem ganzen Werke sich hinziehen, sondern auch vor dem Kopfe und zur Seite soweit vortreten, dass die Vertiefung des Grundes sich nicht unmittelbar bis zum Werke hinziehen kann. Fig. 134 zeigt eine solche unter einem Uferdeckwerke. Die Senklagen gehören eigentlich zu den Vorkehrungen, welche die Sicherstellung der Packwerke bezwecken, da sie aber auch noch behufs einer leichteren Ausführung der letzten dienen, durften sie hierbei nicht übergangen werden.

Bei Veranschlagung der Packwerke kommt es zunächst darauf an, den cubischen Inhalt derselben zu finden. Man kann diesen, wenn die Tiefenmessungen vollständig sind, in jeder beliebigen Schärfe berechnen, aber es ist gewiss überflüssig, eine Rechnung, wo die zum Grunde gelegten Data sehr unsicher sind (da die Tiefen während der Ausführung des Baues sich

ra), das Resultat in grosser Schärfe darstellen zu wollen. Auf der Seite muss man sich aber auch vor groben Fehlern hüten, dieses etwa geschieht, wenn man nur die mittlere Tiefe und Länge des Werkes der Rechnung zum Grunde legt. Wenn der Bau mehrere Hundert, oder, wie bei grossen Strömen nicht selten, mehrere Tausend Thaler kostet, so darf man den geringen Aufwand von etwa einer Viertelstunde nicht scheuen, um den Material-Bedarf und Kostenbetrag ungefähr richtig zu finden. Die Methode, wobei die mittlere Tiefe eingeführt wird, ergiebt zwar den cubischen Inhalt zu klein und in manchen Fällen, besonders wenn die Tiefen sehr verschieden sind, beträgt der Fehler sogar den vierten oder dritten Theil des ganzen Werthes. Man meint alsdann, dass eine grosse Vertiefung während des Baues getreten sei, während die Unzulänglichkeit des veranschlagten Aufwands allein in der unrichtigen Rechnung ihren Grund hatte. Die Berechnung, die ich hier mittheile, stimmt mit der am Prousser-Unterrhein üblichen ziemlich nahe überein; es werden darin die Fehler vermieden, während sie anderer Seits sehr einfach und wenig Mühe macht.

Man setzt voraus, dass die Tiefe sich nur in der Längenebene des Werkes ändert, und für jeden Querschnitt constant ist. Man misst in gewissen gleich grossen Abständen in der Mittellängenebene des Werkes die Tiefen, zeichnet hiernach das Profil und trägt die Krone und die Kopfböschung ein, wie Fig. 136 a auf Taf. LXI.

Die Berechnung erfolgt in der Art, dass man das Werk als ein so weit ergänzt denkt, dass es durch die Vertikal-Ebene geschnitten wird, welche den Fuss der Kopfböschung schneidet (Fig. 137). Der cubische Inhalt des ganzen Körpers wird eben so berechnet, wie man Dammschüttungen, Grabenarbeiten und dergl. berechnet: man sucht nämlich für diejenigen Stellen, in welchen die Tiefen gemessen sind, die Flächeninhalte der Querprofile, wie M und N Fig. 137; die halbe Summe derselben mit ihrem constanten Abstände multiplicirt ergiebt das Volumen des zwischen den Profilen M und N liegenden Körpers. Bei dieser Berechnung wird die Neigung der Böschung sogleich mit berücksichtigt, man muss aber den Abstand der Profile nicht in der Ebene der Krone, sondern horizontal messen, und den Abstand der beiden letzten Profile in seiner wirklichen Grösse in Rechnung stellen. Wenn auf diese Weise der

cubische Inhalt des ganzen Körpers gefunden ist, so keilförmige Stück, welches wirklich nicht zur Ausführung in Abzug gebracht. Dasselbe ist ein dreiseitiges, an beiden schräge abgeschnittenes Prisma, dessen Basis die Fläche B ist, welche in der Ebene des Längenprofils liegt (Fig. 136 a).

Von dem Punkte A an, wo die Krone das Ufer trifft, man in der Mittellinie des Werkes in gleichen horizontalenständen ($= a$) die Höhe der Krone über dem Flusshette h , h' bis $h^{(n)}$ und H , wobei die Krone soweit verlängert gedacht als die Kopfböschung sich erstreckt. Es ist nicht anzunehmen, dass die durch den Fuss der Kopfböschung gelegte Seite $EC = H$ von der nächst vorhergehenden Höhenlinie $h^{(n)}$ falls um die Grösse a entfernt sei. Ich bezeichne daher den Abstand der beiden letzten Querprofile mit

$$k = r a$$

wo r immer ein Ächter Bruch ist. Man könnte auch die Länge AC in eine gewisse Anzahl gleicher Theile zerlegen durch $k = a$ oder $r = 1$ würde; gemeinhin zieht man es aber die Höhenlinien an denselben Punkten anzunehmen, wo die Tiefen wirklich gemessen hat. Es kann sich hierbei leicht denken, dass man in der Wahl des Anfangspunktes A bei Anstellung der Tiefenmessungen geirrt hat: in diesem Falle bleibt der kleine Theil der Buhne unberücksichtigt, den man entweder seines geringen Werthes vernachlässigen oder leicht berechnen und dem ganzen Volumen zusetzen oder davon abziehen kann. Die Seitenböschung der Buhne nehme ich, wie dieses öfters vorkommt, verschieden an und setze deren Anlage an der Seite gleich m und an der andern gleich n , wie das Querprofil Fig. 136 b zeigt. Die Kronenbreite sei b .

Hiernach ergiebt sich der Flächeninhalt des Querprofils die Höhe h

$$P = b h + \frac{1}{2} (m+n) h h'$$

und eben so $P' = b h' + \frac{1}{2} (m+n) h' h''$

daher der cubische Inhalt des zwischen h und h' liegenden Theiles des Werkes

$$q = \frac{1}{2} a b (h + h') + \frac{1}{2} a (m+n) (h h' + h' h'')$$

Der ganze Inhalt des bis C verlängerten Werkes ist somit der erste Werth von $h = 0$ ist,

$$Q = ab \left[h + h' + h'' + \dots h^{(n-1)} + \frac{(1+r)h^{(n)} + rH}{2} \right]$$

$$+ a(m+n) \left[hh + h'h' + \dots h^{(n-1)} + \frac{(1+r)h^{(n)}h^{(n)} + rHH}{2} \right]$$

den Fall, dass der Punkt, in welchem die Tiefe $h^{(n)}$ gemessen in den äussern Rand der Kopfböschung fällt oder demselben nahe liegt, verschwindet k , oder r ist $= 0$. Der vorstehende Ausdruck wird alsdann

$$Q = ab (h + h' + h'' + \dots + \frac{1}{2} h^{(n)})$$

$$+ \frac{1}{2} a (m+n) (hh + h'h' + \frac{1}{2} h^{(n)} h^{(n)})$$

das keilförmige Stück ist der Querschnitt, in der Ebene des Augenprofils gemessen, wenn man

$$BD = l$$

gleich $\frac{1}{2} l H$. Die Längen der drei parallelen Kanten des beiden Enden schräge abgeschnittenen Prismas sind

in B gleich b

in C gleich b

in E gleich $b + (m+n) H$

der cubische Inhalt dieses Stückes

$$q = \frac{1}{2} l H [b + \frac{1}{2} (m+n) H]$$

das gesuchte Volumen der ganzen Buhne ist

$$Q - q.$$

Wiel man dem so gefundenen cubischen Inhalte wegen der erwartenden Vertiefung zusetzen muss, hängt von den besondern Lokal-Verhältnissen ab, es lässt sich also im Allgemeinen keine Regel dafür angeben. Jedenfalls ist der erforderliche Zusatz so geringer, je schneller man den Bau zur Ausführung bringt, und bei schneller Arbeit pflegt er sich oft unmerklich herauszustellen, doch thut man, wie bereits erwähnt, immer wohl daran, wenn man die nöthigen Vorkehrungen trifft, bei eintretender starker Vertiefung den erforderlichen Mehrbedarf an Material schnell beschaffen zu können.

Die Rechnung ist nach diesen Formeln sehr leicht. Die selben werden gewöhnlich bis auf einzelne Zolle ermittelt, und genügt vollkommen, die Werthe von h bis auf Zehnthelle des Fusses zu kennen. Eben so darf man bei Berechnung der Quante von h die zweiten Decimal-Stellen, so wie alle folgenden vernachlässigen. Der Werth von a pflegt bei kleineren Buhnen

zu 5 oder 6 Fuss, und bei grösseren zu 10 oder 12 Fuss genommen zu werden.

Der vorstehenden Berechnung wird gewöhnlich das Profil mit Einschluss der Krone zum Grunde gelegt. Wenn aber die Krone und vielleicht auch die Böschungen mit einer Decke versehen will, so muss man zwar den Rauminhalt der Böschung besonders ermitteln, um das erforderliche Steinquantum zu ermitteln, man darf aber nicht übersehen, dass eben diese stärkere Belastung auch eine grössere Compression zur Folge hat, woher der Rauminhalt des darunter befindlichen Packwerkes eine grössere Quantität Material erfordert, als wenn er diese Belastung nicht erhalten sollte. Bei Ausführung des Baues nach der beschriebenen Methode, wonach grosse Sand- oder Kiesmassen auf dem Theile des Werkes abgelagert werden, ist zwar unter der Last ein starkes Zusammensinken nicht mehr zu besorgen, wird aber pflegt dieses, sobald Steine aufgebracht werden, noch in Böschungen einzutreten und diese stellen sich steiler oder vielmehr im Querprofile stärker einwärts gebogene Linien dar, wenn sie keine weitere Belastung erhalten hätten. Diese Umstände müssen bei Bestimmung des Inhaltes vom Packwerke berücksichtigt werden.

Man pflegt bei Veranschlagung der Packwerk cubischen Inhalt in Cubikruthen auszudrücken, und für jede Rute 8 bis 10 Schock Faschinen von den oben angegebenen Dimensionen anzunehmen. Wenn jede Faschine 3 Cubikfuss so würden etwa 9½ Schock für eine Cubikrute erforderlich sein, dieses ist jedoch nicht der Fall, indem selbst zwischen den dicht gepackten Faschinen noch bedeutende Zwischenräume bleiben, und ausserdem die einzelnen Lagen durch die eingelegten Würste und das Beschwerungs-Material von einander getrennt werden. Andererseits vermindert sich aber bei der Compression der cubische Inhalt der Faschinen sehr beträchtlich und besonders geschieht dieses, wenn sie aus solchen Sträuchern bestehen, deren Zweige von den Hauptästen stark dick sind. Auch vermindert sich die Masse der Faschinen beim Abfall des Laubes. Der wirkliche Bedarf ist von allen diesen Umständen abhängig, und sonach sind auch die Veranschlagungssätze an allen Strömen dieselben. Wo keine starke Compression

pfllegt man 8 Schock, dagegen bei starker Compression, namentlich wenn der fertige Theil des Werkes sogleich mit Kieemassen beschüttet wird, 10 Schock zu rechnen.

Dieser Strauchmasse ist zugleich das zum Anfertigen der erforderliche Holz mit inbegriffen, dagegen müssen die Bindweiden besonders angekauft werden. Die Anzahl derselben lässt sich leicht bestimmen, wenn man die Länge der nöthigen Weiden kennt, jedoch muss man bei den Bindweiden auf einen Ausfall rechnen, da viele Ruthen während der Zorichtung oder aus anderm Grunde unbrauchbar werden. Man nimmt aber an, dass die angelieferte Anzahl derselben den wirklichen Bedarf um die Hälfte übersteigen muss: oder wenn 2 Schock gebraucht, so bestellt man, um den unvermeidlichen Ausfall zu decken, deren drei.

Die Gesammtlänge aller Würste für einen bestimmten Bau kann zwar genau finden, wenn man die Oberfläche aller einlagen ermittelt und zugleich auf die Darstellung der Krone Rücksicht nehmen wollte, wovon im Folgenden die Rede sein wird. Eine solche Berechnung würde indessen wegen der vielen Zufälligkeiten bei der Ausführung doch immer nicht sicher sein; man nimmt daher vor, den Bedarf an Würsten nach dem Cubikinhalte der Packwerkmasse anzunehmen. Wenn die Lagen 3 Fuss hoch sind, so giebt die Cubikrath Packwerk eine Oberfläche von 9 Quadratfuss, und man kann nach dem, was oben über die Anordnung der Würste von einander mitgetheilt ist, dafür 350 Fuss Würste rechnen. Dieses pfllegt man gewöhnlich anzunehmen; wenn man aber gezwungen ist, häufig Pülv-Lagen einzulegen, und sonach der grösste Theil der Lage eine geringe Dicke erhält, so genügt dieser Satz nicht und man pfllegt gewöhnlich 500 Fuss zu rechnen. Es kommt dabei auch noch der Umstand in Betracht, dass in starker Strömung die Würste viel fester verbunden und sonach die Würste einander näher gedrückt werden müssen, als sonst erforderlich wäre.

Die Anzahl der nöthigen Pfähle ergibt sich leicht aus der Anzahl der Würste: schlägt man sie in Abständen von einem Fusse auf, so braucht man bei dem bezeichneten Bedarf an Würsten für die Cubikrath Packwerk 6 Schock Pfähle, und dieses ist als Basis bei der Veranschlagung zu betrachten. Wird der Bau nach Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

in geringer Strömung ausgeführt, so genügen auch 4 oder halb soviel Pfähle als Faschinen. Bei dünnen Lagen und wo es darauf ankommt, durch diese Pfähle die Lagen, ehe sie noch schwimmen, recht fest mit einander zu verknüpfen, kommt die Anzahl der erforderlichen Pfähle derjenigen Faschinen gleich und man rechnet auf die Cubikruthe bis 10.

Noch verschiedener stellt sich der Bedarf an Beschwerungs-Material heraus. Dieser ist einestheils von der Beschaffenheit desselben abhängig: besteht es nämlich aus feinem Sande, so werden grosse Massen durch die noch schwimmenden Lagen hinderlich und werden vom Strome fortgetrieben. Sodann ist das specifische Gewicht hierbei gleichfalls von Einfluss: man braucht um so viel je geringer dieses ist. Ferner muss man dabei auch die Richtung der Strömung berücksichtigen, weil bei starkem Strom das Material ausgewaschen wird, und endlich werden, wie schon erwähnt, die Packwerke sehr verschiedenartig comprimirt, so dass eine gleiche Anzahl Faschinen bei Darstellung eines gleichen Volumens eine grössere Masse Beschwerungs-Material bedingt. Man rechnet man auf die Cubikruthe 5, bisweilen auch nur 4 Ruthe, unter ungünstigen Umständen aber und bei ausgetrockneten Faschinen, namentlich wenn sie aus hartem Holze bestehen, 8 und selbst 9 Schachtruthen.

Nachdem ich vorstehend die bei uns und im südlichen Deutschlande übliche Constructionsart der Packwerke beschrieben habe, welche meines Erachtens auch die zweckmässigste ist, will ich noch kurz das Verfahren andeuten, welches bei solchen Anlagen in Holland beobachtet wird. In der Anordnung der dortigen Werke findet die wesentliche Abweichung von den hier vorgetragenen Regeln statt, dass sie, wie bereits erwähnt worden, beinahe nie gegen den Strom gekehrt werden, mehr liegt die obere und längste Buhne jedesmal stark schief oder declinirt und die folgenden kürzeren sind senkrecht zum Ufer gerichtet. Schon diese Anordnung, wie wenig sie auch dem Zwecke der Stromregulirung entspricht, beseitigt manche Schwierigkeiten in der Ausführung. Dazu kommt noch, dass eine andere Verwendungsart des Materials stattfindet, als bei uns. Die Kostbarkeit grösserer Steine verhindert die Benützung derselben bei allen Strombauten, nur in der Nähe der Preussischen

Die Holländischen Baumeister in neuerer Zeit davon Gekennzeichnet. Im Allgemeinen werden die Kronen der Buhnen und es scheint, dass der dort üblichen Constructionsart Absicht zum Grunde liegt, mit der möglichst geringsten Material Werke darzustellen, welche nur durch unaufhörbare Reparaturen nothdürftig gehalten werden können. Die Faschinen kreuzweiss übereinander und hütet sich, Massen Beschwerungs-Material aufzubringen, wodurch die Compression befördert und der Bedarf an Strauch vermindert würde. Die Seiten-Dossirungen bleiben sehr steil, die Krone etwas breiter gemacht wird, als sonst üblich dem Werke einige Stabilität zu geben. Die Faschinen mit grosser Vorsicht ausgesucht: sie dürfen nur junge und lange Reiser enthalten und müssen sogar 44 Palm oder 44 Zoll lang sein, woher ihr Preis sich unverhältnissmässig hoch stellt. Dabei wird aber andererseits auch sehr schlechtes Material, Abfälle des Strauches, Stroh und selbst Heidekraut mit eingebracht.

Packwerksbauten werden in Holland nur von den Communen ausgeführt; sie zeigen daher grosse Unterschiede in der Ausführung der Arbeit, in der Wahl des Materials, wie auch in der Breite und den Seitenhöchungen. Im Allgemeinen sind sie sehr unhaltbar, denn schon ein mässiges Hochwasser verursacht unordentliche Beschädigungen daran. Da sie jedoch häufig immer wiederhergestellt, und so oft sie ganz zerstört werden, so erfüllen sie dennoch ihren Zweck, bis vor dem Winter bemerkt man dabei sogar eine solche Sauberkeit und Sauberkeit in der Darstellung der Krone, die nicht leicht bei andern Packwerksbauten findet.

Die Beschreibung, die ich hier folgen lasse, bezieht sich auf eine verbesserte Constructionsart, wie solche von Baud *) empfohlen wird; die Faschinen in der Rücklage sind dabei nicht kreuzweise übereinander gepackt, auch findet schon eine Beschwerung des ganzen Werkes statt. Nichts desto weniger die Eigenthümlichkeiten der Holländischen Bauart dabei

Proeve van eenen Cursus over de Waterbouwkunde door J. H. Deel, 1839.

dennoch sehr deutlich hervor. Fig. 138 stellt eine schwimmende Faschinenlage dar, welche mit Ausnahme des mittleren Theils mit Beschwerungs-Material bedeckt und worauf ein Theil des Ausschusses zur Darstellung einer neuen Lage bereits sich befindet. Beim Beginne dieser neuen Lage werden parallel zur alten Werkes Faschinen ausgeworfen, deren Wipfelenden auswärts gekehrt sind. Diese Faschinen sind gemeinhin keinem starken Strome des Wassers ausgesetzt, sollten sie aber die angegebene Richtung nicht genau innehalten und sich etwas verschieben, so schadet es nichts, da sie doch von der folgenden Lage gekreuzt werden. Uebrigens werden sie noch von den aus der vorhergehenden Lage vortretenden Enden der Würste gehalten, welche zu diesem Zweck mit mehreren durchgesteckten Pfählen versehen sind. Das Ueberwerfen dieser ersten Faschinenreihe, so wie aller folgenden beginnt an der vom Ufer abgekehrten Ecke, die an der oberen Seite der Figur liegt. Eben daselbst fängt man auch an, die Querfaschinen aufzupacken, welche den eigentlichen Körper des Ausschusses bilden und sonach in mehreren Schichten übereinander liegen. Man legt dieselbe in der Art, dass ihre Stammenden auf der Stromseite etwas vorstehen; sollte aber das Werk auch an der andern Seite einen Angriff des Stromes besorgen lassen, so werfen man die letzten von diesen Faschinen in der entgegengesetzten Richtung aus, damit auch hier die Stammenden den Ausschuss begrenzen. Sobald die Lage an der stromwärts gekehrten Seite die volle Höhe hat, so wirft man Würste von etwa 30 Foss Länge darüber und zwar so, dass deren Enden theils auf die fertige Lage theils aber über den Ausschuss hinausreichen. Sie werden an Faschinenpfählen an jene, wie an die losen Faschinen genau angebracht und durch ihr äusseres Ende sind schon vorher kreuzweise mehrere Pfähle hindurchgesteckt, damit die untere Faschinenreihe des folgenden Ausschusses davon gehalten werde. Ist in dieser Weise die Ausschusslage in ihrer ganzen Breite beendigt, so bildet man die Decklage. Dieses geschieht, indem man, von beiden Seiten des Ausschusses beginnend, Faschinen neben einander und übereinander legt, deren Stammenden immer nach aussen gekehrt sind und welche mit der Mittellinie des Werkes ungefähr halben Winkel bilden. Indem die Faschinen sich hiernach unter rechten Winkel kreuzen, so muss ihr Zusammentreffen in der

Nur nicht geordnet werden, weil sie sonst den Raum nicht füllen oder stellenweise eine zu starke Anhäufung des Materials verursachen würden. Man vermeidet dieses am einfachsten dadurch, dass man die Faschinen, und zwar nicht einzeln, sondern in grossen Massen bald von der einen und bald von der andern Seite über die Mittellinie hinübertreten lässt, an welchen Stellen von der andern Seite anschliessenden zurückbleiben, wodurch eine Art von Verzahnung entsteht. Dieselbe ist zwar an sich von keinem weiteren Nutzen, sie gewährt aber den Vortheil, dass dieses Zusammenreffen, womit man natürlich immer wechseln muss, über eine grössere Fläche verbreitet und sonach jede Unregelmässigkeit weniger nachtheilig wird. In der Figur ist die Mittellage ohne Beschwerungs-Material gezeichnet, um dieses Zusammenreffen der Faschinen darzustellen. Es muss aber noch bemerkt werden, dass entweder sämtliche Faschinen in der ganzen Lage oder wenigstens die in den oberen Schichten aufgehauenen, damit man das Strauch um so besser ausbreiten und gleichmässig vertheilen kann. Hier geschieht es nun auch vorzugsweise, dass man anderes und wohlfeileres Material mit einpackt.

Ist die Rücklage auf diese Art bis zum festliegenden Theile des Werkes geführt, so wird sie wieder durch Würste und an den Enden durch niedrige Flechtzäune verbunden. Man schlägt eine Reihe von Faschinenpfählen rings um die äusseren drei Seiten der Lage, und zwar in einem Abstände von ungefähr 1 Fuss von einander; um diese werden Faschinenreiser in der Höhe von etwa 1 Fuss geflochten. Die nähere Beschreibung der Flechtzäune überlasse ich hier, da von denselben später (§. 80) ausführlicher die Rede sein soll. An denjenigen Seiten der Lage, welche eine dem Strome ausgesetzte Dossirung des Werkes bilden, bringt man einen zweiten Flechtzaun im Abstände von etwa 2 Fuss vom ersten an, und der Zwischenraum zwischen beiden wird sorgfältig mit Ziegelstücken ausgepackt. In diesem Verfahren beruht der Zweck, den man der äusseren steilen Dossirung des Werkes gegen den Angriff des Stromes giebt. Hierdurch rechtfertigt sich aber auch die Methode, die Stammenden der Faschinen nach aussen zu führen, denn nur dadurch wird es möglich, die Zäune und Steinpackung recht nahe an die äussere Fläche des Werkes zu bringen. Bei manchen Werken, und namentlich bei Ufer-

dockungen, welche zugleich als Landeplätze für die Schiffe gewährt diese Anordnung sogar den Vortheil, dass man die Dossirung fast ganz umgehen und die Faschinenwand ohne weitere Vorkehrung aufführen kann. Man darf indessen von dieser Construction keine grosse Dauer erwarten, besonders wenn die Werke in der gewöhnlichen Uferhöhe heraufgeführt sind. Die Stämme der Faschinen fangen bald an zu faulen, die Zäune verlieren ihre Haltung und die Steine stürzen herab. Eine fortdauernde Reparatur ist daher hierbei unvermeidlich und es kommt noch ein anderer Uebelstand, dass nämlich zahllose Boote in dem Strauche nisten und für die anliegenden Schiffe gefährlich und selbst gefährlich werden; namentlich zeigt sich dies, wenn Hafenwände auf diese Art dargestellt werden. Aber der unter Wasser befindliche Theil einer solchen Dossirung, der dem freien Strome zugekehrt ist, wird durch das gegenstossende Eis sehr stark angegriffen, so dass die Steine auch in diesem Falle nicht sicher liegen.

Der mittlere Theil der Lage wird endlich mit Wüsten ausgenagelt: dieselben sind, wie die Figur zeigt, ungefähr der Länge des Werkes parallel gerichtet und divergiren an den Seiten, so dass sie sich der Richtung der Zäune anschliessen. Die Ueberdeckung geschieht hier mit Sand oder Kleierde, doch wendet man die letztere nicht leicht allein an, überschüttet sie vielmehr möglichst mit gröberem Kiese. Man beginnt die Beschwerkung hintern Theile der Lage oder am festen Theile des Werkes, verwendet hierzu den daselbst aufgesetzten Kieshaufen, indem man später das Material nach der vordern Seite der Lage karrt.

§. 79.

Sicherung der Packwerke.

Die Packwerksbauten sind vielfachen Beschädigungen ausgesetzt und ihre Dauer pflegt sich auf einen sehr kurzen Zeitraum zu beschränken, wenn man nicht Sicherungsmittel anwendet, durch die sie dem Angriffe des Stromes entzogen werden. Die Sicherung besteht theils in einer äusseren Schutzdecke, die auch in einer besonderen Verstärkung des Baues an

an, wo die Beschädigungen sich am häufigsten zu wiederholen oder am nachtheiligsten sind.

Unter allen Beschädigungen, welche eintreten können, ist keine gefährlicher, als der Durchbruch der Buhne oder des Parallelwerkes in der Wurzel oder im Anschlusse an das Ufer. Von dem bleibenden, vom Ufer getrennten Bau ist alsdann eine vortheilhafte Wirkung nicht mehr zu erwarten; derselbe wirkt vielmehr nachtheilig, dass man sich beeilen muss, ihn ganz zu beseitigen, bevor er sich nicht wieder an das Ufer anschliessen lässt. Es ist die Rede davon gewesen, dass diese Gefahr bei Parallelwerken und bei declinanten Buhnen, die sich weit herabziehen, besonders gross ist, auch dass man ihr bei Buhnen dadurch vorbeugen pflegt, dass man die Krone niedriger als das Ufer hält, dieselbe nach dem Kopfe hin oder nach dem äussern Theile des Werkes abfallen lässt. Nichts desto weniger sind diese Vormaassregeln allein nicht genügend, und man muss vielmehr zudem noch für einen soliden Anschluss des Werkes an das Ufer sorgen.

Wo der Faschinenkörper das Ufer berührt, ist eine vollständige Verbindung beider nicht darzustellen. Das Wasser wird daher an dieser Stelle, wenn es nicht auf andre Weise daran verhindert durchdringen, und wenn das Ufer wie gewöhnlich aus einem lehmigen, aufgeschwemmten Boden besteht, werden die feineren Lehm- und Sandtheilchen schnell herausgespült. Indem die Strömung hierdurch aber an Stärke gewinnt, so nimmt auch die Zerstörung in gleichem Maasse zu. Am grössten ist diese Gefahr bei solchen Werken, welche eine starke Anspannung des Wassers bewirken, oder wo die Niveau-Differenz zwischen dem Ober- und Unterwasser besonders gross ist.

Das Mittel, wodurch man diesem Uebelstande begegnet, besteht darin, dass man die Wurzel weit in das Ufer hineingreift. Für jede einzelne Stelle am Umfange der Wurzel wird nicht zwar die Möglichkeit eines Durchbruches um nichts vermindert, da aber dieser Umfang selbst eine grössere Länge erhält, wonach der Weg, den das Wasser verfolgen muss, um das Werk zu umgehen, sich weiter ausdehnt, so vereinigen sich die gegenständlichen Widerstände, die es überall vorfindet, zu einem so kräftigen Widerstande, dass die Gefahr endlich ganz verschwindet. Man darf

aber nicht besorgen, dass unter dem Faschinenkörper ein bedeutender Durchfluss eintreten wird, weil die Höhlungen, die sich hier bilden, bei der Biegsamkeit und starken Belastung des Werkes sogleich wieder gesperrt werden. Hiernach ist es nicht an der Wurzel, welche in das Ufer eingreift, eine grosse Hebel-Stärke zu geben, sie muss aber vollständig belastet und den gehörig angestampfte Erdschüttungen zu beiden Seiten möglichst fest an das Ufer angeschlossen sein. Die Gefahr eines Ueberbruches ist, wie bereits erwähnt, am grössten, wenn das Werk an der Buhne am stärksten ist, also bei demjenigen Wasserstande, wo die Krone so eben überströmt wird. Wenn die Krone oder deren Fortsetzung oder die Wurzel höher, als das Ufer gehalten wird, so zieht sich bei einem solchen Wasserstande schon ein starker Strom über das niedrige Ufer fort, und indem derselbe den kürzesten Weg verfolgt, so ist er gerade am hintern Ende der Wurzel am stärksten und führt augenscheinlich die bezeichnete Gefahr herbei. Andererseits darf man aber zuweilen die Wurzel auch nicht zu tief unter der Höhe des Ufers halten. Diesem ist namentlich der Fall, wenn eine starke Beschränkung des Stromprofils bei höheren Wasserständen entweder zur Vermehrung der Strömung oder zur Regulirung des höheren Ufers nothwendig ist. Gemeinhin werden die Ufer der zu regulirenden Stromstrecke bepflanzt, wodurch die aufgelockerte Erde neben der Wurzel der Werke einen sehr kräftigen Schutz erhält und sogar eine feste Verbindung mit dem Faschinenkörper erfolgt.

Da man den Bau der Buhnen, wie den der Parallelen, immer am Ufer beginnt, so muss mit dem in Rede stehenden Werkschlusse oder mit der Wurzel der Anfang gemacht werden. Man gräbt in der Richtung der Buhne einen Einschnitt in das Ufer so tief wie dieses bei dem gerade stattfindenden Wasserstande gehoben kann, man geht also gewöhnlich bis zu einem niedrigen Sommer-Wasserstande herab. Die Breite des Einschnittes muss so gross gewählt sein, dass die Kronenbreite und die Seitenhöhlungen sich in der Wurzel noch übereinstimmend mit den freiliegenden Theile des Werkes darstellen lassen. Die Länge des Einschnittes ist nach dem Obigen von der Länge der Buhne abhängig, und jedenfalls muss sie sich soweit erstrecken, da eine Uferstelle erreicht, die höher als die Krone der Buhne

keine vertiefte Rinne zwischen dem Ufer und der Wurzel bleibt. Der Einschnitt pflegt hiernach wenigstens $1\frac{1}{2}$ oder eben lang zu werden, er erhält aber bei grösseren Strömen zwischen Ufern die Länge von 5 bis 10 Ruthen.

Man beginnt das Auswerfen der Faschinen, nachdem der Einschnitt ausgehoben ist, am hintern Ende desselben in ähnlicher Weise, als wenn man eine Ausschusslage bilden wollte, der geringen Breite des Einschnittes müssen jedoch alle Faschinen, die in denselben treffen, parallel zur Längsachse des Einschnittes gelegt werden. Die Stammenden sind dabei immer nach dem höhern Ufer gekehrt und man lässt die einzelnen Reihen über einander greifen, um bei der geringen Anzahl dieser Faschinen eine möglichst gute Verbindung und Abwechselung der Faschinen hervorzubringen. Hat man auf solche Art das äussere Ende des Einschnittes erreicht, so muss nach Maassgabe der Ufer-Tiefe sogleich eine Verbreiterung der Ausschusslage erfolgen, und der hier beginnende Theil des Baues ist überhaupt nach den bereits entwickelten Regeln auszuführen. Senkt sich das Ufer sehr steil, so muss man sogleich den freien Theil des Baues als Pül-Lage zusammensetzen, um schon der ersten liegenden Schicht die beabsichtigte Neigung zu geben. Gewöhnlich ist die Strömung neben dem Ufer am schwächsten; es ist viel leichter, den Bau hier ganz regelmässig einzuleiten, als wenn man sich anfangs noch Abweichungen erlauben wollte, die man unter viel schwierigeren Umständen wieder auszugleichen gezwungen müsste. Ist der Ausschuss fertig, so wird die Rücklage wieder eben so, wie früher beschrieben, gemacht. Sobald man aber in den Ufer-Einschnitt zurückgekommen ist, werden die Faschinen wieder parallel gelegt. Die Rücklage wird noch am Ende des Einschnittes fortgesetzt und man gibt ihr eine solche Höhe, die dem Längengefälle der Krone entspricht, sorgt dafür, dass die folgende Lage wenigstens noch zum Theil in den Einschnitt hineinreicht, um auch diese fest an das Ufer anliessen zu können. Die Würste werden auf den schwimmenden Theil der ersten Lage ganz in derselben Art, wie bei den anderen aufgenagelt und reichen sämmtlich in den Einschnitt hinein. Wollte man sie hier aber in der gewöhnlichen Art verlegen, so würden sie mit den Faschinen parallel gerichtet sein

und zur Verbindung derselben nichts beitragen. Man muss also wenigstens etwas schräge halten. Eine Ueberkreuzung der Würste darf nicht füglich stattfinden, weil dadurch freie Lagen gebildet würden; es scheint daher am passendsten, die Würste zu verlegen, wie Fig. 139 zeigt. Ueber das Anlageln der Würste und die Aufbringung des Beschwerungs-Materials ist zu erinnern, da dieses in gleicher Weise wie bei den schwimmenden Lagen geschieht.

Wenn die Krone der Wurzel nur niedrig liegt, ist es schwierig, noch eine zweite Lage in den Einschnitt hinein zu legen; doch jedenfalls muss dieselbe wenigstens in den vordern Theil des Einschnittes eingreifen, um eine gehörige Verbindung mit dem Ufer darzustellen. Dieses ist um so nothwendiger, als die Faschinen, die im Einschnitte selbst liegen, sondern aus demselben hervortretenden sich über dem kleinen Wasser befinden, daher leicht verrotten. Die Ersteren sind sogar noch mehr dem Fäulniss geschützt, da sie bei sehr niedrigem Wasserstande durch die umgebende Erdschüttung, welche das Ufer ergänzt, am Austrocknen verhindert werden.

Sollte, wie dieses zuweilen der Fall ist, die Wasseroberfläche mittelbar vor dem Ufer sehr gross sein, so ist es allerdings nöthig, die ersten Lagen so zu construiren, dass sie die bedingte flache Neigung nach dem Versinken annehmen. Dieses lässt sich aber mit Anwendung der Pülv-Lagen oder durch gehörige Verankerung der Ausschusslage, und namentlich wenn man den Schwimmbaums Gebrauch macht, immer erreichen. Man überwindet diese Schwierigkeit zuweilen auch dadurch, dass man am Beginne des Packwerksbaues vor dem Ufer, und zwar nicht zu demselben, Senkfaschinen herablässt (§. 74) und dadurch eine flachere Dossirung bildet.

Man wendet zuweilen auch ein andres Mittel an, die ersten Lagen flach in das Wasser herabzuführen; man drückt sie nämlich nur sehr schwach mit der Faschinen-Packung in den Einschnitte, und drückt sie nicht nur an ihrem vordern, sondern auch am hintern Ende so stark durch die Belastung der folgenden Lagen herab, dass sie beim Versinken sich nicht mehr senken, sondern vielmehr längs der steilen Ufer-Dossirung herabgleiten, indem sie die Würste zerreißen, die Pfähle umbiegen und

die Massen Erde mit sich herabziehen. Es gelingt dadurch, wie dieses auch Absicht ist, die ersten Lagen beinahe horizontal zu versenken. Hierdurch wird aber kein wesentlicher Theil erreicht, denn wenn man auf solche Weise künstlich in der Entfernung vom Ufer eine steile Stufe bildet, so tritt bei späterer Ueberdeckung derselben wieder die frühere Schwierigkeit ein, und sie ist hier um so grösser, in sofern der erste Theil des Werkes schon das Profil des Stromes beschränkt und deshalb die Strömung vor seinem Kopfe bereits verstärkt. Ein anderer Mangel dieses Verfahrens besteht darin, dass die Regelmässigkeit des Baues unterbrochen wird. Man kann nicht mehr die Zusammensetzung des Werkes bestimmt vorhersehen, und Anordnungen darnach sicher treffen, vielmehr muss man es dem Zufalle überlassen, wie sich Alles gestalten wird. Endlich kann man in diesem Falle auch durchaus nicht voraussetzen, dass der abgerissene Ausschuss der ersten Lage, wenn er flach Boden sinkt, sich ganz scharf an das Ufer anschliessen wird. Man hier aber, wie wahrscheinlich, ein schmaler Raum offen bleibt, durch welchen das Wasser sich hindurchzieht, so entsteht die Frage, wie derselbe geschlossen werden kann? Die folgenden Lagen sind freilich biegsam und schliessen sich der Form der Fläche an, auf welcher sie ruhen, aber einzelne tiefe Spalten, die selbst vorkommen, können sie nicht ausfüllen. Es ist wohl zu nehmen, dass der Durchbruch mancher Buhne und ihre Trennung vom Ufer allein durch dieses Verfahren beim Bau veranlasst wird. Man kann freilich durch fortgesetztes Nachrammen, so wie ein starkes Durchquellen sich zeigt, dasselbe gewöhnlich zu beseitigen; man hat also wirklich einzelne Faschinen oder vielmehr Theile derselben herabgetrieben, so dass die Spalte geschlossen wird, aber eben dadurch wird die Verbindung des Werkes gelöst. Beschädigungen sind alsdann viel eher daselbst zu erwarten, wenn die Lagen sorgsam und ohne Verletzung versenkt worden sind. Gemeinhin darf man aber, wenn das Durchquellen auftritt, nicht einmal hoffen, dass die Spalte wirklich durch eingeworfenes Strauch gestopft sei, vielmehr geschieht dieses gewöhnlich nur durch das herabfallende Beschwerungs-Material. Dieses ist indessen nur da sicher, wo es vom Strauche umschlossen wird, durch starken Druck festgehalten wird. Beides findet in einer

solchen Spalte nicht statt; es bleibt daher, wenn nicht eine Verlandung erfolgt, die Desorgniss, dass der Durchfluss wieder öffnet und stark erweitert, sobald bei höherem Wasserstande ein vermehrter Druck eintritt. Aus diesen Gründen scheint das in Rede stehende Verfahren höchst bedenklich.

Demnächst ist der Kopf der Buhne einem besondern heftigen Angriffe durch den Strom ausgesetzt und die Gefahr der Zerstörung vermehrt sich noch ausserordentlich dadurch, dass dicht davor eine grosse Vertiefung sich zu bilden pflegt, welche er nach und nach herabsinkt.

Es ist schon erwähnt, dass das Packwerk nur in den Faschinen hinreichende Solidität und Festigkeit hat, wenn das Beschwerungs-Material zwischen dem Strauche fest eingeschlossen ist, und umgekehrt das Strauch wieder durch das Beschwerungs-Material gedeckt und dem Angriffe des Stromes entzogen wird. Eine gegenseitige Ueberdeckung kann nur im Innern des Werkes stattfinden, an allen äussern Flächen muss dagegen Eines von beiden entweder das Strauch oder das Beschwerungs-Material, dem Angriffe des Stromes blossgestellt bleiben. Wollte man hierzu den Strauch wählen, so würde dasselbe bei seinem geringen spezifischen Gewichte entweder gar nicht herabsinken, oder doch wenigstens nicht den gehörigen Druck ausüben und leicht fortgeführt. Davon abgesehen werden aber auch die einzelnen vortretenden Reiser bald abgestossen und nach und nach sogar durch das strömende Wasser vollständig verzehrt. Es muss also jedenfalls das Beschwerungs-Material die obere Decke bilden. Bestünde dieses aber aus feinem Sande oder gar aus Thon, so würde es bald fortgespült und die Faschinenlage bleibt ohne Schutz.

Hierzu kommt noch, dass nicht nur der Angriff des Stromes und Eises die äussere Decke der Packwerke zerstört, sondern dieses oft in viel grösserem Masse durch den Wellenschlage geschieht. Das Wasser wird durch denselben wiederholt in die freien Räume zwischen dem Strauche hineingetrieben, und indem es unmittelbar darauf wieder herausfliesst, so reist es feine Erdtheilchen oder Sandkörnerchen mit sich. Man bemerkt häufig sehr auffallend die starke Trübung des Wassers an den Buhnen und es ist erklärlich, dass dabei die Werke ausgehöhlet werden und alle Consistenz verlieren. Der durch Stürme

Der Wellenschlag ist am stärksten, wenn eine ausgedehnte Oberfläche von grosser Tiefe davor steht. Beim gewöhnlichen Verstande, der die Kronen der Buhnen nicht übersteigt, ist der Anschlag gemeinhin weder breit noch tief genug, um einen verderblichen Wellenschlag zu erzeugen. Ein solcher entsteht selbst bei kleinem Wasser noch aus einer andern Ursache und oft in der zerstörendsten Heftigkeit, nämlich durch Dampf. Wenn der gewöhnliche Packwerksbau mit ausschliesslicher Benutzung eines feineren Senkmaterials bei vielfachen Reparaturen Ergänzungen der Werke in manchen Fällen noch zulässig erachtet, so ist dieses nicht mehr der Fall, sobald eine frequente Schifffahrt ins Leben tritt. Alsdann bleibt zur Sicherung der Seiten und aller Packwerke nichts anders übrig, als sie entweder in ihrer ganzen Oberfläche oder wenigstens in dem Theile, besonders von den Wellen getroffen wird, also vorzugsweise die Köpfe, mit grösseren Steinen zu überdecken.

Ueber die Ausführung solcher Steinschüttungen ist bei Gelegenheit der Stein-Constructionen (§. 74) bereits die Rede gewesen; hier wäre nur zu erinnern, dass man bei deren Anwendung an Kopfdossirungen das Herabrollen der Steine beim Versenken der Lage möglichst verhindern muss. Zu diesem Zwecke ist nützlich, zwischen die Würste einige Flechtzäune zu stellen, die mehr Festigkeit haben und haltbarer sind, als jene. Man deckt auch eine mässige Sanddecke zuerst auf die letzte Lage auf; sie wird durch die darüber geworfenen Steine geschützt, theils aber versinkt sie in die Zwischenräume des Strauches. Man verlangt dadurch den Vortheil, dass man zu der erforderlichen Sicherung nicht allein die viel kostbareren Steine zu verwenden braucht. Die Steindecke muss aber immer wenigstens 1 Fuss und bei heftiger Strömung und grosser Tiefe $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuss stark

Diese Stärke wäre nicht erforderlich, wenn man die Steine gleichmässig verpacken könnte, was nicht möglich ist, weil ein kleiner Theil derselben schon die Lage zum Sinken bringt, der Rest nachgestürzt werden muss, woher die gleichmässige Verteilung derselben sehr zweifelhaft ist. Man wird dabei freilich der Peilstange fleissig die Böschung untersuchen und alle bedenklichen Unregelmässigkeiten zu beseitigen bemüht sein, besonders darauf achten, dass an keiner Stelle die Steindecke ganz fehlt.

Eine vollständige Ausgleichung ist dabei indessen nie zu erreichen und besonders ist zu besorgen, dass ein Theil der Staue der Dossirung herabrollt und im sandigen Strombette verliert. Um das Letzte zu vermeiden, dürfte es passend sein, die Staue auf dem obern als den untern Theil der Dossirung zu setzen, weil sie alsdann bei eintretender Bewegung vielleicht auf dem obern liegen bleiben. Aus demselben Grunde rechtfertigt sich auch, wenn man die stromaufwärts gekehrte Seite der Staue etwas stärker beschüttet, als die stromabwärts gekehrte.

Das Beschweren der letzten Lage mit Steinen ist in der That überall üblich, vielmehr werden viele Buhnen ausserordentlichlicher Benutzung eines leichten Senkmaterials. Man sucht sich in diesem Falle dadurch zu helfen, dass die Lagen, welche mit ihrem Fusse am weitesten in das Strombette rücken, nicht die letzte bleibt, sondern noch durch mehrere Lagen in ihrem oberen Theile überdeckt wird. Fig. 140 im Profile zeigt. Man erreicht dabei indessen keinen wesentlichen Vortheil, vielmehr bleiben die angelegenen Staue für jeden einzelnen Theil der Dossirung dieselben. Die Verhältnisse ändern sich nur in sofern, als der Angriff der Strömung etwas ungleichmässiger und vielleicht etwas langsamer wird. In Holland ist ein ähnliches Verfahren gebräuchlich, man beobachtet jedoch dasselbst die Vorsicht, dass derjenige Theil der Staue, der nicht überdeckt wird, mit viel Strohstrahlen überzieht und die Zwischenräume sorgfältig Strohbrocken auspackt. Ein grosser Nachtheil dieser anzuwendenden Lagen besteht darin, dass die Böschung vor dem Sinken weicher, und dadurch die Strömung davor und deren nachfolgende Wirkung vergrössert wird. Die Tiefe daneben nimmt in grösserem Maasse zu, und indem der Fuss der Böschung sinkt, so verschwindet diese oft ganz, so dass das Werk auf dem senkrecht aus dem Flussbette ansteigt. Sobald die Böschung steil geworden ist, kann das Beschwerungs-Material nicht mehr darauf erhalten, es stürzt hernab und wird fortgeführt, versinkt, und das Strauch, jedes Schutzes beraubt, sinkt ebenfalls und treibt namentlich beim Eisgange in grossen Massen. Die Buhne wird alsdann von Jahr zu Jahr kürzer und schliesslich endlich vollständig. Während dieser Zeit wirkt

ern höchst nachtheilig, als sie in Folge der steileren Dossirung am Kopfe den Strom nach und nach immer weiter an das Heransieht, welches man eben decken wollte. Alle Werke, die v. Wiebekingsche Karte des Niederrheins oberhalb der belgischen Grenze zeigt, sind auf diese Weise spurlos verloren, und ähnliche Beispiele finden sich auch an andern Orten.

Für die Seitendossirungen der Buhnen gilt ungefähr das, was so eben von der Kopfdossirung gesagt ist. Die Verhältnisse sind indessen hier weniger ungünstig, indem der Druck des Stromes schwächer ist, und überdies die eintretende Fluth bald einen sehr sichern Schutz dem Werke gewährt. In der Nähe des Kopfes verschwinden indessen auch an den Seiten die Vortheile, man muss daher die Steinschüttung daselbst gleich anbringen, wenn man Beschädigungen sicher vermeiden will. Die Krone der Packwerke ist wieder sehr starken Beschädigungen ausgesetzt, und man pflegt daher jedenfalls, wenn man einen Schutz der Dossirungen ganz verabsäumt, hier eine feste Steindecke aufzubringen. Der Angriff des überstürzenden Wassers ist an sich schon sehr bedeutend, ausserdem aber tritt teilweise bei der Krone der Uebelstand ein, dass die abwechselnde Nässe und Austrocknung bald das Verfaulen des Strauches zur Folge hat. Um dieses zu vermeiden, ist es gewiss am passendsten eine starke abgeplasterte Steindecke aufzubringen, welche nicht an sich weder durch Ueberfluthung noch durch Austrocknung leidet, ausserdem aber die Feuchtigkeit unter sich länger hält, so dass dadurch die Strauchlagen selbst bei anhaltendem Wasser nicht trocken werden; wenigstens wird die Feuchtigkeit unter solcher Decke weit länger, als in dem lockern, nicht beschütteten Packwerke zurückgehalten. Man erreicht noch den sehr grossen Vortheil, dass man an keine bestimmte Höhe gebunden ist, sondern man diese vielmehr so hoch oder niedrig wählen kann, wie die besonderen Local-Verhältnisse verlangen, und sonach der Zweck der Bauwerke viel sicherer und sicherer erreicht wird, als wenn in Folge der gegen Construction die Höhe einem gewissen Wasserstande entnommen muss. Ueber die Anfertigung solcher Steindecken ist so eben (§. 74) die Rede gewesen. Bei Anbringung derselben

auf einem Packwerke tritt indessen der Uebelstand ein, dass der Fuss des Pflasters, der sich gegen die Dossirung lehnen soll, nicht gehörig gesichert werden kann, wenn nicht eine Steinmauer von wenigstens 1½facher Anlage sich bis zum Strombette zieht. Da hierdurch die Kosten zu sehr vermehrt werden, so ist die Steindossirung aber auch ganz überflüssig, sobald die Krone verlandet ist, so wählt man lieber andere wohlfeilere Methoden, welche freilich weniger dauerhaft sind. Häufig lässt man eine sehr dünne Steindecke nur bis zum kleinsten Wasser herabreichen und lässt dieselbe hier gegen einen niedrigen Flechtzaun; in vielen Fällen begnügt man sich auch, grosse flache Steine allein auf die Krone des Werkes zu packen und rings umher, so wie in einigen Vorlesungen Linien Flechtzäune zu ziehen. Obgleich diese Anordnung vielen Beschädigungen ausgesetzt ist, so trägt sie doch schon wenig zur Erhaltung des Werkes bei, und bei vorkommenden Reparaturen darf man die Steindecke keinesweges jedesmal erneuern, sondern man hebt die einzelnen Steine ab, bringt die erforderliche Erhöhung an, und legt jene alsdann wieder auf. Wenn ausserdem noch der Kopf des Werkes gehörig flach gehalten und mit Steinen bedeckt ist, so darf man einen solchen Bau unter gewöhnlichen Umständen als gehörig gesichert ansehen, und es fehlt nicht an Beispielen, dass selbst starke Eisgänge darauf keinen nachtheiligen Einfluss ausüben und Anlagen dieser Art sich ohne Beschädigung eine lange Reihe von Jahren hindurch erhalten.

Die Beschüttung der Krone mit kleinen Steinen und zum Theil mit Ziegelstücken leistet weniger Widerstand, wenn sie zwischen Flechtzäunen aufgebracht ist. Unter vielen Umständen ist dieselbe jedoch als ausreichend anzusehen, und namentlich wenn die Local-Verhältnisse keine bedeutende Höhe der Krone bedingen, so dass die Krone vom Hochwasser weit überfluthet und vom Eisgange nicht berührt wird.

Häufig giebt man der Steinpackung auf der Krone durch eine grössere Haltbarkeit, dass man Weidensträucher dazwischen pflanzt. Dieses geschieht auf verschiedene Arten: entweder man pflanzt zuerst das Strauch und bringt alsdann die Steine auf, in welchem Falle die letzteren keine grossen Schwierigkeiten haben dürfen; oder man stösst in der fertigen Steinpackung und selbst in dem vollständigen Pflaster an einzelnen Stellen

liegen angemessen weit sind, mit dem Pflanzeisen oder einer gutsten eisernen Stange Löcher ein, und pflanzt in dieselben Recklinge. Für die Sicherstellung des Werkes ist diese Maassnahme ohne Zweifel vortheilhaft, denn eines Theils erhält das Packwerk einen innigeren Zusammenhang, wenn es von den Wurzeln durchzogen wird, andern Theils aber lehnen sich die Steine gegen die lebendigen Stämme in ähnlicher Weise, gegen Flechtzäune, und zwar ist dieser Schutz weit nacher, indem kein Verrotten eintritt, vielmehr die neuen Triebe der Wurzel mit der Zeit immer eine um so grössere Anzahl Stützpunkten bieten. Dazu kommt noch, dass das Gebüsch die Strömung über dem Werke mässigt und das unmittelbare Anstossen des Eises verhindert, woher selbst kleine Steine zu ganz sicher zu liegen pflegen.

Wie gross indessen diese Vortheile auch sind, so giebt es andere wichtige Gründe, welche gegen eine solche Maassnahme sprechen. Für's Erste kann man die Bepflanzung nur in bestimmten Höhe anbringen, die gemeinhin zwischen sehr hohen Grenzen liegt, indem die bepflanzte Fläche weder lange Zeit überfluthet werden, noch auch so hoch liegen darf, dass sie in kleinem Wasserstande zu stark austrocknet. Man muss, wenn man die Krone mit einer Pflanzung bedecken will, diese Höhe wählen. Dadurch kommt häufig der Kopf der Wurzel der Buhne in eine, dem Zwecke der Regulierung entsprechende Höhe. Nichts desto weniger bleiben diese Pflanzungen, mehr als die am Ufer befindlichen, der Zerstörung ausgesetzt, und namentlich geschieht es bei anhaltendem kleinen Wasserstande selten, dass sie verdorren und absterben, weil der Körper der Buhne bei seiner geringen Breite und seiner lockeren Zusammensetzung mehr, als das eben so hohe Ufer austrocknet. Der grösste Uebelstand besteht aber in den Unregelmässigkeiten, die solches Bepflanzen der Buhnen veranlasst. Die Höhe und Lage der Krone hängt nämlich von lokalen Verhältnissen ab, es ist durchaus unstatthaft, diese Höhe noch durch die Pflanzungen vergrössern und dadurch eine widernatürliche Beschränkung des Profils darstellen zu wollen. In der Wirklichkeit gelingt dieses nicht, denn das Hochwasser stellt die erforderliche Profilform wieder her, und zerstört die Pflanzung oder greift die Buhne an, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

weilhet an, wodurch die Sicherheit und Regelmässigkeit der Verlandung bedrohet. Die Pflanzung an sich, besonders wenn sie unregelmässig wird, würde weniger nachtheilig sein, als die Pflanzung zwischen den einzelnen Reiseru besonders wenn die Blätter noch immer hinreichend gross sind, um bedeutende Wassermasse hindurchströmen zu lassen. Sie mässigt die Geschwindigkeit so sehr, dass grosse Mengen von abgeführten Materials hier niederschlagen, und, wie oben erwähnt worden, geschieht dieses vorzugsweise in der stärksten Strömung, also am Kopfe der Buhnen. Solche Lagerung von Kies ist für den Weidenwuchs besonders nachtheilig, das Strauch treibt alsdann eine Menge neuer Schösslinge wieder zu einer um so stärkeren Verlandung Veranlassung und so hebt sich der Kopf der Buhne immer mehr und mehr auf, zugleich seitwärts aus, so dass er bald einen stromabwärts gerichteten Haken in Form einer Flügelbuhne bildet, der ganz mit Strauch bedeckt ist und eine auffallende Spaltung der Strömung zur Zeit des Hochwassers verursacht. Je mehr der Buhnenkopf das Profil beschränkt, um so heftiger ergiesst sich das Wasser über den hinteren Theil der Buhne. Hier gedeiht die Pflanzung weniger gut und die Verlandungen sind viel unbedeutend. Der übergehende Strom findet daher weniger Hindernisse auf seiner Bahn, so oft Hochwasser eintritt, immer von Neuem. Der Zweck der Stromregulirung, nämlich die Bildung regelter Ufer und die Zurückweisung des Fluthstromes in die Stromrinne, wird hiernach durch die Wirkung der Pflanzung an den Buhnen vollständig vereitelt. Es geschieht aber häufig, dass unter solchen Umständen die Buhnen durch den Strom und deren hohe Köpfe vom Ufer ganz getrennt werden.

Die oben erwähnten Uebelstände zeigen sich noch mehr, wenn man die Krone gar nicht durch eine Steindecke sondern sie ausschliesslich durch Weidenpflanzung zu verlanden versucht. In vielen Fällen sind die Steine allerdings so dicht, dass man zur Beseitigung grosser Unregelmässigkeiten in der Strömung gezwungen ist, die Buhnen wenigstens vorläufig ohne feste Krone zu erbauen. Die Bepflanzung der Krone darf alsdann nicht unterlassen werden, weil ohne solche die Werke gar keine Haltbarkeit haben und man darf aber nicht hoffen, dass die bepflanzten Buhnen es

ahren hindurch ohne Reparatur bestehen, und ohne weitere Hülfe die beabsichtigten Wirkungen hervorbringen können. Ders muss man auf die Höhe des Gehüsches fortwährend aufmerksam bleiben, und die Aussicht auf Gewinn von brauchbarem Weidenholze oder Pflanzstöcken muss anfangs ganz unbeachtet bleiben. Es ist vielmehr nöthig an den Stellen, wo das Packwerk am besten gedeiht, es immer vor Eintritt des Hochwassers zu säubern. Dieses muss sogar erfolgen, wenn auch zu befürchten ist, dass die Pflanzung wegen des zu häufigen Abschneidens absterben könnte. An denjenigen Stellen dagegen, wo die Pflanzung nicht anwachsen und daher die Verlandung zurückbleibt, muss man durch Zäunungen oder sonstige Erhöhung der Krone die Regelmässigkeit immer wiederherstellen, und namentlich ein heftiges Ueberströmen einzelner Stellen verhindern. Bei grosser Vorsicht ist das Bepflanzen der Krone allerdings zulässig, ders wenn Strom und Eisgang nur mässig sind, und keine Schiffahrt besteht. Wenn die Buhnen aber später mit Steinen befüllt werden sollen, so ist dieses, nachdem sie theilweise bereits befüllt sind, nur noch auf dem vorderen Theile der Werke zu thun, der allein einem ferneren Angriffe ausgesetzt bleibt. Wenn man, wie gewöhnlich, das Packwerk nur schwach befüllt hat, so pflegt man wohl die Krone bis zur beabsichtigten Höhe heraufzuführen, aber die Pflanzung darauf nicht sogleich anzusetzen, sondern das Werk längere Zeit und wenigstens einige Jahre hindurch unvollendet stehn zu lassen, damit die starken Erosionen, die stellenweise oder im Ganzen eintreten, vor Aufhebung der Pflanzlage noch ausgeglichen werden können. Ist das Werk im Frühjahr gebaut, so kann man es ohne weiteren Aufwand während des Sommers sich selbst überlassen und es im Herbst bepflanzen; wenn das Packwerk aber erst im Herbst fertig ist, so pflegt man die Krone vorläufig durch eine Bauwehre gegen den Strom des Hochwassers und den Eisgang zu sichern, und die Bepflanzung im Frühjahr vorzunehmen. Ist man dagegen nach der vorhin beschriebenen Constructionsmethode Sand- und Kiesmassen während des Baues auf dem vorderen Theile abgelagert, und dadurch die vollständige Completion des Werkes bewirkt, so kann man, wenn der Bau nicht in den Sommermonaten fertig wird, sogleich die Bepflanzung

vornehmen. Dieses ist besonders im Herbste von grosser Wichtigkeit, weil dadurch die interimistische Decke oder die todte wehre entbehrt wird.

Die zum Auswachsen bestimmte Strauchdecke erhält kein besonders starker Angriff zu erwarten steht, keinen Schutz, als dass sie wie die andern Lagen mit Würsten bedeckt wird. Man nennt sie alsdann Spreutlage. Wenn es zu besorgen ist, dass durch den Strom und das Eis die nebst der aufgebrachten Erde fortreiben könnten, so bringt die Pflanzreiser, welche in diesem Falle in viel grösserer zur Anwendung kommen, in der Art auf, dass ihre Wipfel die jedesmal stromabwärts gekehrt sind, die äussere Decke durch diese Anordnung entsteht eine sogenannte Rauhwurste.

Um die Spreutlage darzustellen, wird das Werk, wenn es sich gehörig gesetzt hat, regelmässig aufgeholt und geglichen, auch vollständig mit gewöhnlichem Beschwerungsmaterial versehen. Letzteres muss jedoch in die Zwischenräume des Strauches herabgetrieben werden und darf nicht in mehr als 1 Fuss Höhe auf der Krone liegen bleiben. Alsdann bringt man eine Lage guter vegetabilischer Erde von etwa 1 Fuss Höhe auf, welcher das Strauch Wurzel schlagen kann. Die Pflanzreiser bestehen in frisch geschnittenen Reisern aus Weidensträuchern, sind am Stammende etwa $\frac{1}{4}$ Zoll stark. Man legt die Reiser, oder die Pflanzfaschinen, in den meisten Fällen nach der Quere, und zwar in einem Abstände von 2 bis 3 Fuss auf die Krone des Werkes, schneidet alsdann die Bänder der Reiser, so weit das Strauch gehörig aus und vertheilt es, so dass die Zweige ziemlich nahe neben einander liegen und die Erde gehörig bedecken. Die Wipfelenden sind dabei stromabwärts gekehrt, und wenn die Breite der Buhne grösser ist, als die der Reiser, so muss man dieselben theils nach der einen und theils nach der andern Seite herausziehen, oder auch wohl zwei Reiser neben einander legen. Hierauf werden an jedem Reiser doppelte Randwürste genagelt und ausserdem in Abständen von etwa 2 Fuss auch über den mittleren Theil nach der Länge des Werkes Würste gelegt und festgenagelt. Endlich karrt man über wieder gute Erde, so dass die Würste dadurch nicht bedeckt werden. Man rechnet auf die Quadratruthe 4 bis 5

schinen, deren jede 120 Pflanzreiser enthält, 7 bis 8 laufende Ellen Würste, 100 Pfähle und $1\frac{1}{2}$ Schachtruthen Erde.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass diese Arbeit nur genommen werden darf, wenn die Witterung das Anwachsen der Reiser begünstigt, oder wenigstens kein schnelles Verdorren derselben besorgen lässt. Im Anfange des Frühjahrs, und zwar besonders bevor das Strauch belaubt ist, oder im späten Herbst, nachdem das Laub bereits abgefallen ist, gedeihen bekanntlich die Pflanzungen am besten. Der höhere Wasserstand erlaubt es uns häufig nicht, diese Zeiten ganz scharf inne zu halten, man muss alsdann die Arbeiten etwas später oder früher vornehmen. Es fehlt nicht an Beispielen, dass auch in solchen Fällen die Pflanzungen ganz nach Wunsch gelungen sind, aber sie misslingen vollständig, wenn anhaltende Dürre und ein sehr niedriger Wasserstand eintritt, bevor die Wurzeln sich ausgebildet haben.

Um eine grössere Anzahl von Trieben zu erhalten, bindet man zuweilen auch die Würste aus frischen Pflanzreisern und säubert selbst die Faschinenpfähle aus frischen Weidenzweigen. Dies veranlasst in vielen Fällen keine bedeutende Mehrkosten, und alsdann ist diese Anordnung ganz angemessen. Wenn aber frische Weidenholz in hohem Preise steht, so ist es gewiss nicht zweckmässig, es in die Würste zu binden, weil es daselbst häufig mit der Erde in Berührung kommt und daher nicht so leicht zu faulen schlägt, als die eigentliche Spreutlage. Es ist daher vortheilhafter, in solchem Falle die eigentliche Spreutlage zu verstärken und gewöhnliche Würste zu benutzen. Man kann das Anwachsen der Spreutlage noch dadurch befördern, dass man die Stammenden in die Erde steckt und die Pflanzreiser theilweise vertheilt, so dass sie in jeder einzelnen Reihe sich unmittelbar berühren, ihre Stammenden dagegen um so mehr von der Erde umgeben sind. Es entsteht dadurch eine Anordnung, welche mit einer Raubwehre schon sehr nahe übereinstimmt, aber die noch Spreutlage genannt wird, so lange nicht die Würste den Wipfelenden des Strauches überdeckt werden.

Was aber über die Zeit gesagt ist, in welcher die Pflanzreiser verlegt werden müssen, so wie auch über die Beschaffenheit derselben und selbst über die Wahl des Holzes zu den Würsten und Pfählen, findet in ganz gleicher Weise bei den Raubwehren

Anwendung. Auch hier wird nach gehöriger Ausgleichung Belastung des Werkes eine Erdschüttung aufgebracht, die wenigstens 1 Fuss stark sein muss, indem sie zugleich zur vollständigen Ueberdeckung der Stammenden dient. Nachdem diese Erde ausgebreitet und festgetreten oder schwach angestampft ist, man darin an der stromabwärts gekehrten Seite, und zwar in der Manassgabe der Länge der Pflanzreiser, im Abstände von 4—5 Fuss vom Rande einen Graben aus, wie Fig. 141 zeigt. Die Dossirung desselben ist auf der einen Seite sehr steil, auf der andern gegen sehr flach. Die ausgehobene Erde wird auf die entgegen gesetzte Seite der Krone geworfen. In den Graben legt man die Pflanzfaschinen wieder im Abstände von 2 bis 3 Fuss, so dass ihre Bündel auf und vertheilt die Reiser recht gleichmässig, dass alle Stammenden gegen die steile Grabenwand stossen. Die Wipfelenden reichen $2\frac{1}{2}$ Fuss über den Rand der Krone. Man nagelt man drei Würste darüber, von denen die äusseren wenigstens noch 1 Fuss vom Rande der Krone entfernt sein müssen.

Ist dieses geschehen, so bildet man im Abstände von 4 Fuss vom ersten Graben einen zweiten, und wirft die ausgehobene Erde zwischen die erwähnten Würste, indem man dafür sorgt, dass es ein recht ebenes Lager für die nächste Reihe der Pflanzreiser wird. Ein Ueberdecken der Würste mit Erde ist nicht erforderlich, der Zwischenraum muss vollständig angefüllt sein, und bemerkt man ist dahin zu sehen, dass die Erde recht fest und compact ist, so dass die Stammenden jener ersten Reihe umgibt. Man bringt in derselben Art die Reiser und Würste auf und die Zwischenräume zwischen diesen werden wieder mit der Erde aus dem ersten Graben angefüllt, und so fort bis die vorletzte Reihe gekleidet mit Erde überdeckt ist. Die letzte Reihe endlich entbehrt des Schutzes, welchen alle früheren erhielten, weil sie durch die folgende überdeckt wird. Es ist daher nöthig, sie auf eine Weise gehörig zu sichern. Dieses geschieht, indem man sie tiefer an der Dossirung des Werkes herabzieht und sie sehr stark mit mehreren Würsten überdeckt und festnagelt. Diese Würste sind aber keinem starken Angriffe ausgesetzt, indem weder vom überfallenden Strome, noch vom Eise getroffen werden. Damit aber diese Reihe der Reiser die nächsten Würste überdeckt, müssen sie möglichst lang sein, und man thut

die längsten Faschinen und das stärkste Strauch zu diesem auszusuchen. Die Anwendung von starkem Strauche ist aber auch in sofern nothwendig, als dasselbe wegen der künftigen Bedeckung mit Erde doch nicht anzuwachsen pflegt. Je desto weniger bringt man zwischen den Würsten der letzteren gleichfalls Erde auf, die aber gemeinhin beim ersten Wasser fortgespült wird.

ganz gleicher Weise, jedoch mit dem Unterschiede, dass trockenes Reis und statt der Erde Sand oder Kies anwendet, die vorerwähnte interimistische Decke über den Bühnen führt. Man nennt eine solche Decke eine todte Rauhe, und die erste im Gegensatze derselben eine lebendige. Auch Uferdockwerke und Parallelwerke werden oft mit Spreit- und Rauhwehren bedeckt. In beiden Fällen stimmt die Action derselben mit der beschriebenen überein und zwar auch hier die Pflanzreiser und Würste in derselben Richtung die Längsaxe der Werke verlegt. Eine Ausnahme war bei denjenigen Uferdeckungen statt, an welchen zur höheren Wasserstandes ein heftiger Strom sich bildet, der herüberstürzt, sondern sie der Länge nach trifft. Dieses Wasser tritt nur ein, wenn das Werk sich hoch erhebt, oder das Packwerk vor einem hohen Ufer liegt und letzteres stütz durch die Rauhwehre gegen Abbruch geschützt werden. In solchem Falle müssen die Reiser, welche die folgenden Reiser überdecken, ungefähr in der Richtung des Stromes die Würste müssen daher normal oder wenigstens schräge das Ufer gelegt werden. Das Letzte ist in sofern vortheilhaft als die Würste bei dieser Anordnung eine etwas grössere erhalten, und deshalb sicherer befestigt werden können. Endlich ist noch derjenigen Anordnungen zu erwähnen, durch welche man eine starke Vertiefung neben den Werken verleiht. Eine solche kann entweder während des Baues oder später eintreten. Welche Nachtheile daraus entstehen, wenn in der Ausführung einer Bühne die Tiefe vor ihrem jedesmaligen Anstiege sich bedeutend vergrössert, ist bei Gelegenheit der Beschreibung der Construction bereits erwähnt worden. Aber auch nach der Beendigung des Werkes ist es für dasselbe höchst gefährlich, wenn unmittelbar daneben grosse Vertiefungen sich zeigen,

Die Sand- oder Kiesschicht, welche die Buhne trägt, ~~erleidet~~ nämlich eine gewisse flache Böschung, wenn sie im Gleichgewichte sich erhalten soll. Entsteht daher am Fusse des Werkes eine Anskolkung mit steilen Wänden, so stürzen die einzelnen Bänke zur Seite herab, um die flache Böschung wieder darzustellen. Wenn der Strom so heftig ist, dass er jedes vortretende Körnchen fortreisst, so fliesst der Sand so lange nach, bis das Werk die vielmehr der nächstgelegene Theil desselben seine Unterstützung verliert und sich senkt. Sobald der Kopf der Buhne bis zur Seite der vertieften Rinne herabgesunken ist oder wenigstens so ist, dass zwischen beiden eine flache Böschung sich darstellen kann, so hört der weitere Angriff des Bettes in der früheren Weise auf, aber eben dieses Herabsinken veranlasst wieder eine neue Vertiefung. Der ganze Bau pflegt nämlich in solchem Falle nicht gleichmässig zu sinken, vielmehr zeigt sich die stärkste Senkung am Fusse der Dossirung, und dadurch wird die Dossirung noch steiler, als sie früher war. Diese Aenderung bewirkt, wie bereits erwähnt ist, einen verstärkten Angriff des Stromes gegen das Bett, und zwar geschieht dieses oben sowohl neben Uferbauwerken (§. 69), wie vor den Köpfen der Einbaue (§. 68). In der Vertiefung stellt sich also wieder von Neuem ein, und es entstehen nicht nur Unregelmässigkeiten im Stromlaufe, sondern ausserdem kommen die Werke selbst in Gefahr, und wenn sie, wie oft geschieht, nach und nach abbrechen und zuletzt ganz verschwinden, so rührt dieses in vielen Fällen gewiss nur davon her, dass der Fuss ihrer Dossirungen ursprünglich nicht gehörig gesichert wurde. Manche Baumeister mögen deshalb diejenigen Werke, neben welchen starke Vertiefungen zu erwarten sind, nicht auf dem flachen Vorlande oder auf hohen Bänken erbauen, und gehen mit dem Bau derselben absichtlich recht langsam vor, um dadurch schon während der Ausführung alle Veränderungen eintreten zu lassen, deren nachtheiligen Folgen vorgebeugt werden soll. Dieses Mittel ist aber nicht nur sehr kostbar, sondern auch unsicher, weil die volle Vertiefung erst einzutreten pflegt, wenn das Werk schon längere Zeit gelegen und die Einwirkung der verschiedenen Wasserstände erfahren hat.

Weit vortheilhafter ist es, die günstigen Verhältnisse beim Bau zu benutzen und den erwähnten Gefahren dadurch vorzubeugen

man den Fuss der Dossirungen mit einer gehörig weit aus-
 gestuften Decke umgiebt. Man wird es zwar nicht verhindern
 können, dass am Rande dieser Decke wieder Vertiefungen entstehen
 die Decke selbst sich steiler stellt, als sie ursprünglich gelegt
 ist. Tritt sie aber hinreichend weit vor das Werk vor, so
 wird sie sich nicht so steil, dass dadurch für den Hauptbau Be-
 schädigungen entstehen könnten, und ausserdem behält dieser seine ge-
 wohnte Dossirung, wodurch jener nachtheiligen Wirkung des Stro-
 mungswassers theilweise vorgebeugt wird. Fig. 134 auf Taf. XI.
 zeigt eine solche Decke im Profile des Uferdeckwerkes, und zwar
 dabei angenommen, dass dieselbe hauptsächlich nur die Ver-
 tiefung während des Baues verhindern soll, woher sie sich unter
 der ganzen Basis des Werkes fortzieht. Wenn Gegentheils die
 Beschädigungen sich mehr auf die spätere Vertiefung vor dem Werke
 beziehen, so würde es passender sein, die Decke nur unter die
 erste Dossirung zu legen, sie aber vor derselben noch weiter
 ausstufen zu lassen.

Ich will zuerst den letzten Fall speciell behandeln und die
 Vorkehrungen beschreiben, die man treffen muss, um unter un-
 günstigen Umständen einer starken Vertiefung während des Baues
 vorzubeugen. Diese Vertiefung entsteht dadurch, dass der ange-
 legte Bahnenbau aus Packwerk schon einen heftigen Strom
 erfährt, der wegen der eingetretenen Beschränkung des Profiles
 den kürzesten Wege, also dicht vor dem Kopfe und zum Theil
 unter den noch schwimmenden Lagen sich bildet. Um diesen
 unschädlich zu machen, muss man, bevor der eigentliche
 Bau des Profils stark beschränkt, den Grund selbst sicher stellen.
 Eine Bühne aus Steinen ausgeführt, so ist es leicht, hier-
 den Bau anzuordnen: man braucht nämlich nur mit dem
 Hüften einer schwachen Lage von Steinen in der ganzen Aus-
 dehnung des Werkes den Anfang zu machen und man könnte
 diese Massregel auch beim Packwerkbau eintreten lassen,
 wenn man ein massives Fundament vorher anschüttete. Auf einem
 beweglichen Flussbette liegt eine solche Steinschüttung aber
 keinesweges ganz sicher, besonders wenn sie wegen der Kostbar-
 keit des Steinmaterials nur eine geringe Stärke erhält; das Wasser
 strömt dann durch die freien Zwischenräume noch leicht hin-
 ab, spült den Sand oder die Erde dazwischen und darunter fort,

und die Steine versinken. Dieses wird aber verbindet man die Steine auf eine Strauchbettung legt. Zur Bildung der letzten dienen wieder alle verschiedenen Arten des Schienenbaues: das Strauchbette kann nämlich aus Senklagen, aus Senkstücken oder aus Packwerk bestehen und in der That finden sich Beispiele von allen drei Methoden. Von der ersten soll später die Rede sein, die erste ist bereits beschrieben, gehe daher zur letzten über.

Die sogenannten Senklagen werden auf dem schwimmend und gemeinhin nahe übereinstimmend mit der gewöhnlichen Packwerkslage ausgeführt, so dass sie sich nur durch ihre grosse Länge unterscheiden. Man macht sie aber sehr lang machen, da sie die Basis der ganzen Basis des Parallelwerkes bilden, und wenn eine spätere Vertiefung oder daneben besorgt wird, sogar vor denselben vortreten. Die Senklage besteht wieder aus einer Ausschlusslage und Rücklage. Es ist aber an sich klar, dass eben ihre Länge und Zusammensetzung ausserordentlich erschwert und dieses mehr, als sie keine grosse Dicke erhalten darf, weil sie in der Falle das Durchfluss-Profil merklich verengen und so die Geschwindigkeit und den Angriff des Stromes auf das Bett vermehren würde. Der vor der Basis des Werkes vortretende Theil der Senklage, der nur als Bettung für den Steinwurf dient, überdies keiner grossen Stärke, wodurch die Kosten des Werkes unnöthiger Weise vermehrt werden würden. Die Senklage scheidet sich von der gewöhnlichen Packwerkslage auch dadurch, dass sie nicht in ihrer ganzen Ausdehnung schwimmend ausgeführt werden kann, weil sie sonst vom Strome zu sehr angegriffen werden würde. Man macht daher mit der Versenkung schon am Anfang, sobald sie die erforderliche Länge hat, dass die Verbindung des gesunkenen Theils mit dem noch schwimmenden Ende erhalten werden kann.

Am einfachsten und leichtesten ist die Ausführung der Senklage für ein Uferdeckwerk oder ein Parallelwerk, dessen Längsrichtung mit der des Stromes übereinstimmt. Man kann auch in diesem Falle die Senklage darstellen, ohne besondere Vorkehrungen zur Erhaltung ihrer gehörigen Richtung nehmen zu müssen. Man beginnt den Bau am oberen Ende und wird

Faschinen nach der andern aus, die jedesmal soweit vor-
 dass nur eben diejenige Dicke dargestellt wird, welche zum
 und Auswerfen der Faschinen nothwendig ist. Unter
 geführten Umständen wird das Werk nicht seitwärts vom
 getroffen, und der Stoss des Wassers in der Längenrichtung
 einhin auch so unbedeutend, dass er in dem Ineinander-
 der einzelnen Faschinen schon hinreichenden Widerstand
 Nichts desto weniger muss man, sobald einige Ausschuss-
 geworfen sind, zur Befestigung derselben einige Würste
 darüber bageln. Ist man soweit vorgegangen, dass
 schon versenkt werden kann, so beginnt man den Bau
 rücklage, doch nicht am äussern Ende der Ausschusslage,
 so weit davon entfernt, dass dieselbe ohne Unterbrechung
 fortgesetzt werden kann. Die Rücklage hält man ge-
 in möglichst schwach und führt sie bis zum Ufer zurück.
 aufbringen der Würste geschieht ebenso wie bei den Pack-
 Lagen und die Versenkung, wobei man nur Steine an-
 kann, die so gross sind, dass sie vom Strome nicht
 rieben werden, beginnt am Ufer und man geht damit so
 vor, dass der äussere Theil der fertigen Lage noch sicher,
 wenigstens in der Länge von etwa zwei Ruthen auf dem
 er schwimmt.

Man muss sich bemühen, die Steine gleichmässig aufzu-
 zu. Dieses lässt sich allerdings einigermaassen durch Peilen
 führen, aber weit sicherer ist es, die Steine sogleich recht
 massig auszuwerfen. Zu diesem Zwecke bezeichnet man durch
 bedeckte Stangen die Grenze, bis zu welcher jede Kuhl-
 ladung bedeckt werden soll, und wenn die Ladung grossentheils aus-
 ist, so untersucht man mit der Peilstange, ob einzelne
 vielleicht noch nicht bedeckt sind, und auf diese vertheilt
 den Rest. Ausserdem sorgt man noch in anderer Art dafür,
 die Steine jeder Ladung recht gleichmässig in dem bestimmten
 vertheilt werden. Man beginnt die Beschüttung in dem
 Kopunkte des Werkes und geht damit nach und nach weiter
 alsdann giebt die Eintauchung des schwimmenden Theiles
 alle auffallenden Unregelmässigkeiten deutlich zu erkennen.
 z. B. die Belastung an einer Seite viel stärker wäre, als an
 andern, so würde die Eintauchung an jener Seite sich weiter,

als an dieser erstrecken. Endlich ist noch darauf zu achten, dass an der Stelle, wo die Beschwerung vorläufig aufhört, die Senklage in der vollen Stärke angebracht werden darf, sondern nicht auslaufen muss, weil sonst ein Bruch in der Lage erfolgt, wodurch die Verbindung theilweise oder ganz gelöst wird.

Wenn die Versenkung des ersten Theiles, so wie oben beschrieben, stattgefunden hat, so muss man sich zunächst überzeugen, ob der andere noch schwimmende Theil sich in dem bestimmten Abstände vom Ufer oder überhaupt in der bestimmten Lage befindet. Beim Versenken kann nämlich leicht ein Verzug eintreten und besonders ist dieses zu besorgen, wenn die Senklage sehr lang ist. Es ist beinahe unmöglich, den noch schwimmenden Theil der Lage wieder in den gehörigen Abstand vom Ufer zu bringen, falls er in demselben sich nicht mehr befindet. Wenn man jedoch hierauf aufmerksam bleibt, so kann eine bemerkte Abweichung nur gering sein und ist bei Fortsetzung des Baues leicht auszugleichen.

Die folgende Ausschusslage schliesst sich ohne Unterbrechung an die frühere an, die Rücklage dagegen greift jedesmal vorhergehenden über und zeigt sonach, was sonst bei der Senklage nicht vorkommt, eine Reihe von Stämmen, die die Würste endlich reichen bis auf den vorhergehenden Theil der Senklage. Hierdurch wird allerdings in der Rücklage die Dicke der ganzen Senklage etwas vergrößert, was jedoch ohne Nachtheil ist. Im Allgemeinen bleibt die Senklage, nachdem der Steinbewurf aufgebracht ist, 3 Fuss und es gelingt zuweilen, dieselbe bis auf 2 Fuss zu verringern. Die Ausführung wird dadurch beschleunigt, dass das Versenken des hintern Theiles der vordere gleichzeitig gebaut werden kann.

Es wurde schon erwähnt, dass man durch Anwendung besonderer Mittel die Ausschusslagen beim Packwerksbau treiben kann. Auf dieselbe Art und namentlich durch Verwendung von Schwimmhäuten wird es auch möglich, die Senklagen weit in den Strom herauszuführen. Zuweilen legt man der vorderen Lage mehr Tragfähigkeit zu geben, dieselbe auf dem Rand eines vor Anker liegenden Kahnens, der also in die Stelle des Schwimmbaumes vertritt. Wenn aber ein

Strom durchschnitten werden soll, so zeigen sich alle diese beim Bau der Senklagen als unzureichend, und man ist gezwungen, von dieser Constructionsart ganz abzugehen. Statt der Senklagen eine Reihe von Senkstürken oder Senkmauern anzuwenden. Man kann indessen die Senklagen noch andere Weise verbinden, wodurch sie etwas mehr Festigkeit erhalten und selbst im heftigen Strome auf grosse Längen noch dargestellt und im Zusammenhange versenkt werden können. In dieser Beziehung sind verschiedenartige Versuche gemacht worden. Bei Coupirung des linkseitigen Rheinarmes oberhalb der Mündung des Erft-Kanales bei Neuss wurde die Senklage aus Flechten und Faschinen zusammengeflochten. Man befestigte am Ufer, wo der Bau beginnen sollte, fünf Würste im Abstand von etwa 7 Fuss von einander. Dieselben waren über einen hölzernen Bock auf einem vor Anker liegenden Nachen gezogen, welchem die Senklage zusammengesetzt wurde. Man hatte Faschinen (eigentlich Würste) von 4 Ruthen Länge gebunden, die durch jene Würste geschoben wurden, und zwar so, dass diese abwechselnd über und unter den einzelnen Faschinen lagen. Hierdurch entstand ein vollständiges Gewebe von 4 Ruthen Breite, in dem die Würste und dessen Einschlag die Faschinen waren. Bei Vorrücken der Arbeit wurde der Nachen weiter vom Ufer entfernt, und wenn das Ende einer Wurst erreicht war, so band man eine neue daran. Der fertige Theil wurde aber immer so mit Steinen versenkt, so dass nur das letzte Ende desselben aus dem Wasser schwamm.

Wenn die Senklage den Zweck hat, eine spätere Vertiefung an dem Werke zu verhindern, so muss sie so weit vortreten, dass sie die grösste zu erwartende Tiefe noch etwa mit dreifacher oder wenigstens mit zweifacher Anlage erreichen kann. Wie gross die Vertiefung äussersten Falles ist, lässt sich bei Strömen, deren Abfuhr man bereits seit längerer Zeit begonnen hat, ziemlich leicht beurtheilen. Man wird aber die Senklagen nur da anlegen, wo dieses durchaus nöthig ist: also vor oder neben den Böden der Bühnen und neben den Parallel- oder Uferdeckwerken, in welchen dieselben in scharfen Concaven liegen. Die Construction in letztem Falle genau übereinstimmend mit der beschriebenen ist dabei nur zu erwähnen, dass die Steine zur Beschwerung

besonders gross und lagerhaft ausgesucht werden müssen, sie dauernd dem Anstosse des Stromes ausgesetzt bleiben, sie auch nicht herabrollen dürfen, falls die Senklage eine Neigung annehmen sollte.

Um nachtheilige Vertiefungen neben den Werken zu vermeiden, wendet man noch ein anderes Mittel an. Man deckt nicht nur den Grund, sondern bildet durch Ausschüttung flache Köpfe, welche als niedrige Einbaue die unmittelbare Annäherung des starken Stromes verhindern. Solche Köpfe bilden vor den Buhnen gleichsam eine Fortsetzung derselben bis zur Sohle der tiefen Stromrinne flach abfällt. Wie nützlich diese Anordnung ist, habe ich schon früher erwähnt. Vor Uferdeckwerken kann dasselbe geschehen; man muss aber nicht unbeachtet lassen, dass diese vorzugsweise an Stellen erbaut werden, wo die starke Krümmung des Ufers die Anlage von Buhnen nicht gestattet, weil die fahrenden Schiffe auf solche aufgetrieben werden könnten. In Rede stehenden Steinköpfe dürfen daher die Schiffe, falls nicht gefährden und müssen in ihrem höchsten Theile an der Stelle, wo sie sich an das Uferdeckwerk anschliessen, noch so tief liegen, dass sie von den Schiffen nicht berührt werden. Gerade in denjenigen Fällen, wo die Anbringung der Uferdeckwerke besonders wichtig ist, also wo eine sehr tiefe Rinne zwischen den Deckwerken sich bildet, ist diese Bedingung leicht zu erfüllen.

§. 80.

Schlickfänge.

Die Regulirungswerke, deren Construction bisher beschrieben worden, haben den Zweck, den Strom von gewissen Stellen des Bettes oder Ufers zurückzuweisen; sie müssen daher so construirt werden, dass sie dem Andränge des Wassers und Eises gehörigen Widerstand leisten. In vielen Fällen besteht die Aufgabe darin, flache Stellen im Bette oder niedrige Ufer, die vom stärksten Strome nicht getroffen werden, zur Verlandung zu bringen oder zu erhalten. Dieses lässt sich durch viel leichtere Bauwerke, als jene beschriebenen, ausführen. Man bezeichnet solche leichtere Werke mit der allgemeinen Bezeichnung Schlickfänge, wiewohl der Name nicht ganz

da sie weniger dazu bestimmt sind, den Schlick d. h. die im Wasser schwebenden erdigen Theilchen, als vielmehr die größeren aufzufangen, welche längs der Sohle des Bettes vom Hochwasser fortgetrieben werden. Die andern Benennungen: Schlick-
e, Flechtzäune und Traversen beziehen sich theils auf bestimmte Constructionsarten, theils aber überhaupt auf Ein-
Traversen nennt man in manchen Gegenden eben sowohl
ere Buhnen, als leichte Nebenwerke.

Die Schlickfänge werden vorzugsweise zwischen den Haupt-
an angewendet, und zwar kommen sie gemeinhin erst zur
ührung, wenn diese schon merkliche Wirkungen gezeigt haben.
Verlandung zwischen den Buhnen erfolgt selten ganz regel-
ig; an einzelnen Stellen und zwar getrennt vom Ufer zeigt
sich zuerst, aber in den zwischenliegenden Rinnen bleibt zur
des mittleren Wassers, wobei die Buhnen nicht mehr über-
et werden, noch eine starke Strömung, welche diese Rinnen
er von Neuem vertieft oder wenigstens lange Zeit hindurch
erhält. Man kann dieselben leicht durch kurze Werke sper-
oder auch längere Werke vom Ufer aus bis zur neuen Ufer-
über die Verlandung fort hinausführen. Solche Zwischenwerke
en im Schutze der Hauptbuhnen, sie brauchen daher nicht be-
sonders fest construirt zu werden, und wenn sie vielleicht durch-
chen sollten, so ist der Nachtheil nicht gross, da die Haupt-
ke ihre vollständige Zerstörung oder die Ausbildung sehr tiefer
nen verhindern und andrer Seits bei ihrer einfachen und wenig
ühnen Construction auch die Wiederherstellung leicht ist. Als
gemeine Regel muss es gelten, diese Werke immer ziemlich
ig zu halten, und ihnen niemals eine grössere Höhe, als die
Buhnen zu geben. An den tiefsten Stellen müssen sie einander
nächstesten stehen, damit vorzugsweise hier die zur Zeit des
hwassers vorbeitreibenden Sand- und Kiesmassen niedersin-
und möglichst gleichmässige Verlandungen bilden. Bei der
rdnung der Pflanzungen, welche man gleichfalls als Neben-
ke ansehen kann, gelten dieselben Rücksichten.

Zuweilen setzen die Schlickfänge das System der Hauptbuhnen
längere Strecken selbstständig fort; namentlich geschieht dieses
solchen Stellen, wo die Concave aufhört und die gewählte Ufer-
sich in gerader Richtung fortzieht oder eine entgegengesetzte

oder convexe Krümmung annimmt. Vor convexen Ufern Andrang des Stromes gemeinhin sehr mässig, auch findet schon eine starke Tendenz zum Verlanden statt. Die die unter solchen Umständen zur Beschränkung der Proben zur Ausbildung der Ufer dienen, brauchen daher nicht so fest zu sein, und es genügt alsdann, statt der Buhnen, Schlickfänge anzulegen. Es geschieht daher nicht selten, dass Systeme der Hauptwerke gegenüber nur Schlickfänge an kleineren Strömen aber genügen solche leichtere Werke zu allen Strom-Correctionen, und dieses nicht nur, wenn Eisgänge Strömung überhaupt schwach sind, sondern auch in den Jahren, wenn die Anschwellungen sich sehr hoch zu erheben pflegen, kommt dabei besonders darauf an, dass zur Zeit der höchsten Sommerwasserstände oder während des Baues die vortheilhaften Tiefen nicht bedeutend sind, weil man entgegengesetzt die Schlickfänge nicht ausführen kann. Werden sie später überfluthet, und findet der Eisgang bei so starker Anschwellung statt, dass sie vom Eise nicht erreicht werden, so sind sie wenig Beschädigungen ausgesetzt, während sie gleichwohl der Sohle treibende Material auffangen, und so nach ihrer Bestimmung erfüllen. Sind sie aber nach einer oder nach mehreren Jahren so weit verlandet, dass ihre fernere Wirksamkeit aufhört, so das flache Ufer, auf welchem sie stehen, noch nicht bis zur richtigen Höhe aufgewachsen ist, so kann man über oder neben den ersten Schlickfängen wieder neue erbauen, und dadurch recht gleichmässige Ausbildung der Ufer bewirken. Es giebt keine andere Methode des Strombaues, welche durch gleiche Mittel so sicher die Stromregulirung veranlasst. Nur in den Tiefen selbst bei niedrigem Wasserstande noch bedeutend oder in scharfen Krümmungen, wo der Andrang des Stromes zu stark ist, sind die solideren und kostbareren Constructionen von denen bisher die Rede war, nicht zu umgehen. An der Weser in der Gegend von Höxter sind die meisten Stromregulirungen allein durch solche leichte Bauwerke bewirkt.

Die Construction der Schlickfänge ist sehr verschieden. Am leichtesten sind sie darzustellen, wenn man ganze Bäume mit allen Aesten und Zweigen in den Strom wirft. In den Flüssen im Harze sieht man dieses Verfahren häufig angewendet.

Ist es bei Schiffbarmachung der Midouze*) zum Theil geschehen worden, woselbst man zwischen den Hauptwerken, die jedoch nur aus Flechtzäunen bestanden, Bäume versenkte. Dabei das Wurzelende auf das Ufer gelegt und der Wipfel reicht in den Fluss hinein. Die Mängel dieses Verfahrens sind so aufgeführt, dass sie kaum erwähnt werden dürfen. Bei hohem Wasser steht die Besorgniss, dass der ganze Baum fortschwimmt oder wenigstens in eine unpassende Lage kommt, weil eine Beschwerung oben nicht anzubringen ist. Ausserdem lässt sich die Länge und Höhe eines solchen Werkes gar nicht gehörig reguliren, und an einer Stelle unter demselben eine starke Vertiefung einwirken, was bei der Ungleichmässigkeit der Aeste und Zweige leicht geschehen kann, so erfolgt kein Nachsinken, wie etwa beim Packwerke, vielmehr wird die Oeffnung immer mehr erweitert, wodurch die Unregelmässigkeiten veranlasst werden können.

Zuweilen werden die Schlickfänge aus Faschinen und als Packwerke erbaut. An manchen Orten nennt man diese Buhnen, die nur eine geringe Kronenbreite haben, Schlickfänge. Bei mässiger Wassertiefe und geringer Strömung treten manche Erleichterungen während des Baues ein, und alle Schwierigkeiten, denen man sonst begegnet, verschwinden hier. Seitendossirungen pflegt man in diesem Falle auch viel steiler zu halten, als bei den Buhnen, indem man nur durch Faschinenlagen die Lagen auf einander befestigt. Wenn die Seitendossirungen ganz fehlen, oder die Werke wenigstens sehr steile Wände haben, so pflegt man sie durch starke eingerammte Pfähle zu sichern, wie Fig. 142 zeigt. Man macht in diesem Falle mit dem Zusammen der Pfähle den Anfang, indem dieselben in jeder Reihe etwa 6 Fuss aus einander stehn. Da die Breite des Werkes in der Regel auch nur 6 Fuss beträgt, so müssen die Faschinen wie als in den Packwerkolagen ausgeworfen werden. Am besten dürfte es sein, sie schräge gegen die Richtung des Stromes neben einander zu legen, und die folgende Faschinenreihe von der andern Seite zu kehren. Man würde dadurch den Vortheil erreichen, dass die Wipfelenden immer nach aussen gerichtet seyn, und sonach das Heraustreiben des Beschwerungs-Materials

*) *Annales des ponts et chaussées* 1831. II. pag. 37.

*) *gen., Handb. d. Wasserbauk.* II. 2. 2. Aufl.

am sichersten verhindert würde. Indem die Lagen von den Pfahlreihen fest gehalten werden, so lässt sich der Bau leicht und ganz sicher fortsetzen, man thut aber wohl, einzelnen Lagen nicht gar zu stark zu machen, weil sonst schwerungs-Material zu ungleichmässig vertheilt wäre; aber müssen die Lagen auch hier durch übernageln in sich verbunden und so angeordnet werden, dass eine Kopfböschung vor dem Werke entsteht. Endlich wird in gleicher Weise, wie bei Bahnen, mit Steinen oder Spreutlage versehen.

Ebenso kann man in Gegenden, wo das Steinmaterial ist, die Schlickfänge aus Steinschüttungen bilden, aber, damit sie beim Ueberstürzen des Wassers nicht in der Krone wieder abgeplastert werden.

Auch Senkfaschinen werden zu gleichem Zweck und wenn dieselben bei dem abwechselnden Wasserstande als ganz besonders vergänglich angesehen werden müssen, bei dieser Constructionsart doch manche Vortheile ein, welche selbst besonders empfehlen. Dahin gehört namentlich das, dass der Material-Bedarf sich sehr geringe herausstellt, noch eine Unterspülung des Werkes nicht eintreten kann, Faschinen immer von selbst herabsinken und die entstehenden Vertiefungen ausfüllen. Wenn aber die obere Lage ab oder herabgefallen sein sollte, so kann sie leicht durch eine andere ersetzt werden. An der Wertach in der Gegend von ... hat man Stromregulirungen auf diese Art ausgeführt, die ständige Erfolge gerühmt werden. *) Die daselbst gewählte Constructionsart ist in Fig. 143 a und b, so wie in Fig. 144 dargestellt, jedoch mit Einführung einiger Aenderungen, die erforderlich dürften. Letztere beziehen sich zunächst auf die Darstellung der Kopfbossirung und eine geringe Neigung der Krone; sodann auf die Sicherung der Wurzel, wovon später die Rede sein wird, endlich auf die Stellung der Pfähle in den verschiedenen Lagen, welche wohl am vortheilhaftesten so angeordnet werden, dass die Pfähle sich immer gegenüber stehen, weil die Faschinen

*) Voit, über die Correction des Wertach-Flusses, Journal für die Baukunst, Band II. Seite 237 ff.

nen und aladann weniger regelmässig und fest auf einander

Die Senkfaschinen erhalten eine Stärke von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss, Entfernung der Pfahlreihen muss daher etwas grösser sein, die Faschinen mit Leichtigkeit dazwischen gepackt werden zu. Der Abstand der einzelnen Pfähle von einander beträgt 4 Fuss. Man macht mit dem Einrammen der Pfähle den Anfang und wendet sie in solcher Stärke an, dass sie bei 6 Fuss Wassertiefe etwa 6 Zoll im Durchmesser halten und bei grösserer oder geringerer Tiefe stärker oder schwächer sind. Sie werden auf gleicher Weise, wie §. 36 beschrieben, mit einer Handraume zwischen Rüstungen eingetrieben. Bei geringer Wassertiefe kann man nur zwei Pfahlreihen anbringen (Fig. 143 b); bei der von 6 Fuss sind deren aber schon drei erforderlich, damit drei Reihen Faschinen eingelegt werden können (Fig. 144). Die Faschinen werden in derselben Art gebunden, wie oben (§. 74) beschrieben. Ihre geringere Stärke erlaubt es aber, sie ohne Rüstung nur auf Unterlagen anzufertigen. Damit sie nicht transportirt werden dürfen, verbindet man sie meist auf Pfählen, die neben den Pfahlreihen liegen; sie werden alsdann nach und nach über die erste Pfahlreihe fort an ihre Stelle geworfen. Ist gewiss vortheilhaft, bei ihrem Versenken immer dahin zu sehen, dass sie möglichst horizontal, oder vielmehr in der Richtung geneigt liegen, welche man für die Krone bestimmt hat. Auf diesem Grunde kann die untere Senkfaschine häufig nicht die ganze Länge des Schlickfanges erhalten. Man kann der Faschine aber auch am Ende eine geringere Stärke geben, damit sie am Ende gerade liegt und vor der ersten kein zu grosses Loch offen bleibt. Durch Nachstossen überzeugt man sich leicht, dass jede Faschine auf der vorhergehenden oder auf der letzten des Flussbettes fest aufliegt.

Bei antstehender Vertiefung sinken die Faschinen, da sie die beträchtliche Belastung in sich enthalten, leicht von selbst herab, wegen können sie nicht die Oeffnungen neben dem Uferrande ausfüllen, da diese nicht unter ihnen, sondern seitwärts liegen. Die Uferpfähle pflegen schon während des Baues sich zu bilden, und die Folge des Staues, welchen das Werk verursacht, vergrössern sich leicht so sehr, dass eine vollständige Trennung des

Schlickfanges vom Ufer oder eine Hinterströmung zu bewahren. An der Wertach begegnete man dieser Gefahr dadurch, dass eine oder mehrere Senkfaschinen vor die oberste Pfähle. Die Senkfaschine ist indessen so steif, dass sie kleinere Steine nicht ausfüllt, und am wenigsten darf man dieses auf dem Uferrande erwarten. Es dürfte daher zweckmässiger die Steinschüttungen anzubringen, wie solche Fig. 143 angegeben.

Gewöhnlich bestehen die Schlickfänge nur in Zäunen, die aus Weidenreisern zusammengelochten sind, sie heissen dann Schlickzäune. Die Quantität des erforderlichen Materials ist dabei auf das Minimum reducirt und die Arbeit ist sehr einfach und wenig zeitraubend, woher diese Constructionen besonders wohlfeil hernuszustellen pflegt. Nichts desto weniger besitzen die Flechtzäune eine grosse Steifigkeit und widerstehen daher selbst einer starken Strömung. Ihre Wirksamkeit ist aber nicht ganz mit derjenigen der vorher beschriebenen überein, denn sie bilden keineswegs eine dicht schliessende Barriere, vielmehr enthalten sie so viele Oeffnungen, dass die Strömung selbst wenigstens der Hälfte derjenigen Fläche gleichkommt, die der Zaun im Ganzen einnimmt. Sonach verhindert er keineswegs das Durchströmen, hält vielmehr das Wasser zurück, ohne es bedeutend abzulenken. Hierin liegt gewiss der Grund, weshalb die Zäune weit regelmässiger Verlandungen verursachen als andere Werke, und namentlich bemerkt man zur See selbst nicht die tiefen Rinnen, welche bei den Buhnen nach dem Uebersturze immer vorzukommen pflegen.

Die Anfertigung der Flechtzäune geschieht in der Art, dass die Pfähle in Abständen von 6 bis 12 Zoll und bei starken Flüssen auch wohl in noch weiterer Entfernung Pfähle von 2 bis 3 Zoll Stärke mit einem hölzernen Schlügel oder mit einer leichten Ramme eingetrieben werden. Diese Pfähle müssen ziemlich rund und ohne Aeste sein, damit die Reiser sich daran leicht schieben lassen. Am besten ist es, gespaltenes Nadelholz zu wählen und man thut in diesem Falle wohl, die scharfen Enden abzustumpfen, weil sie leicht zum Bruche der Flechtzäune Veranlassung geben, besonders wenn diese schon sehr trocken sind. Die Pfähle werden so tief eingeschlagen, dass sie fest stehen. Gemeinhin genügt dazu eine Tiefe von 9 bis 12 Zoll. Die

Zaun muss, wie schon oben bemerkt, nicht zu gross an-
genommen werden. Ganz unpassend wäre es aber, den Zaun in
bestimmten Höhe über dem Grunde in seiner ganzen Länge
zuführen, wobei sein oberer Rand alle Ungleichheiten des
Bodens darstellen und endlich einen steilen Absatz bilden würde.
Er muss vielmehr nach den obigen Andeutungen diejenige Höhe
haben, bis zu welcher der Zaun am Kopfe und der Wurzel
reichen soll, und ihn auf der Uferseite soweit fortsetzen,
bis er sich allmählig an den Boden anschliesst und endlich darin
aufgeht.

Die Flechtruthen müssen aus hartem, wenigstens aus
Eichenholz bestehn, Weiden, Pappeln und dergleichen Holzarten
zu vermeiden, sobald der Zaun einige Zeit trocken gestanden hat, zu
weich und zu leicht zu brechen. Es ist aber keineswegs er-
forderlich, dass die Ruthen besonders gerade oder von bestimmter
Grösse sind, wenn sie sich nur zwischen den Pfählen gehörig
einlegen lassen, auch darf man keine grosse Sorgfalt darauf
wenden, alle Nebenzweige abschneiden, vielmehr können die-
se, und besonders die schwächeren, ohne Nachtheil mit ein-
geklappt werden. Je stärker aber die Flechtruthen sind, um so
weiter dürfen die Zaunpfähle von einander entfernt sein. Das
geschieht in der Art, dass man die einzelne Ruthe ab-
wechselnd von der einen und der andern Seite um die Pfähle
legt, und jede folgende Ruthe wenigstens an zwei Pfählen mit
dem Ende der vorhergehenden zusammen einlegt, damit keine
Lücke oder Oeffnung im Stosse sich bildet. Die darüber kommende
Ruthe umfasst jeden Pfahl von der andern Seite. Es entsteht
so eine Art von Gewebe, worin die Pfähle, die Kette und
die Flechtruthen den Einschlag bilden.

Bei ganz niedrigen Zäunen kann man die einzelnen Ruthen
bis zum Grunde herabdrücken, bei höheren würde dieses
zu unbequem sein, selbst wenn der Zaun ganz im Trocknen
ist, man schiebt alsdann neben den Pfahlköpfen ein etwa 6 Zoll
breites Band und stösst dieses mit der Hand oder dem Fusse
sowie auch mit hölzernen Gabeln bis zum Grunde oder bis zu dem
vorhergehenden Bande herab. Es versteht sich, dass dieses Herab-
drücken ziemlich gleichmässig in der ganzen Länge des Zaunes
geschehen muss, weil sonst das Flechtwerk stellenweise lang aus-

gezogen und dadurch beschädigt werden könnte. Am passendsten ist es, an den tiefsten Stellen zuerst das Ausflechten vorzunehmen, damit alle erwähnten Bänder, wenn sie herabgestossen sind, immer möglichst parallel zum obern Rande des Zaunes liegen. Wo sich aber irgendwo Unregelmässigkeiten zeigen, so kann man die Breite des Bandes an diesen Stellen willkürlich verändern und dadurch die Ausgleichung bewirken.

Das beschriebene Verfahren findet nicht nur bei Zäunen Anwendung, die ganz im Trocknen stehn, sondern es kann auch bei einer Wassertiefe von 4 und selbst 6 Fuss beibehalten werden. Die Arbeiter befinden sich alsdann in Kähnen und stossen die Bänder mit hölzernen Gabeln herab. Einzelne weit vorstehende Pfahlköpfe werden endlich noch abgeschnitten, weil sie leicht gefasst werden könnten. Fig. 145 zeigt einen Flechtzaun von dieser einfachsten Art.

Die Oeffnungen im Zaune zwischen den einzelnen Reusen werden durch das hindurchströmende Wasser nicht erweitert, sind daher ohne Nachtheil und nach der obigen Bemerkung vortheilhaft. Anders verhält es sich mit den Oeffnungen zwischen den Flechtruthen und dem Grunde entweder gleich anfangs bleiben oder sich später bilden. Die Strömung ist daselbst nicht so bedeutend, wie unter einer wasserdichten Wand, und desto weniger verursachen diese Durchströmungen doch jedoch die Hauptbeschädigungen und oft die vollständige Zerstörung des Flechtzauns. Wenn solche Oeffnungen sich nämlich nach und nach erweitern, so sinken die Flechtruthen darüber keineswegs von selbst herab: die Auskolkungen schliessen sich also nicht, sondern nehmen immer mehr zu, bis die Pfähle ausgespült werden und der Zaun stellenweise die Haltung verliert, und dann zerissen und fortgetrieben wird. Am grössten ist diese Gefahr, wenn der Wasserstand eben die Höhe des Zauns erreicht, sie ist sich alsdann aber auch durch das Aufwallen des Wassers unterhalb des Zaunes zu erkennen, und man kann durch Vorsehung von Steinen sie oft noch leicht beseitigen.

An denjenigen Stellen, wo ein solches Ausspülen des Grundes besonders zu besorgen ist, pflegt man auch sogleich, nachdem der Bau des Zaunes beendigt worden, Steine oder Kies anzuschütten. Dieses geschieht entweder auf beiden Seiten, wie Fig. 146

Die zeigt, oder wenigstens auf der stromaufwärts gekehrten Seite. Demnächst stellt man die Flechtzäune in derselben Absicht auch auf eine kreuzweise ausgeworfene Fäschineneinlage, in Fig. 147 in der Ansicht von oben dargestellt ist. Dabei darf jedoch die Steinbeschüttung wieder nicht fehlen. Dieses Verfahren ist aber nur bei sehr geringer Wassertiefe anzuwenden. Grösserer Tiefe wäre es freilich noch möglich, eine vollständige Senklage darzustellen, aber dadurch würde der Bau so vertheuert werden, dass die Einfachheit und Wohlfeilheit, wodurch Flechtzäune sich besonders empfehlen, ganz verloren ginge.

Sehr sicher lässt sich der Auskolkung unter dem Flechtzaune entgegen wirken und ausserdem die Festigkeit desselben noch wesentlich erhöhen, wenn man, wie Fig. 148 zeigt, zwei solche Zäune im Abstande von 2 bis 3 Fuss erbaut, die Köpfe der Pfähle hin und wieder durch Bindweiden verbindet und den Zwischenraum mit Steinen ausfüllt. Letztere sinken sogleich herab, wie eine Sedimentation sich zu bilden anfängt. Schon durch das Zusammenfügen zweier Flechtzäune, welche den Stau unter sich vertheilen, ändert sich die erwähnte Gefahr, und es scheint, dass zwei Zäune, von denen jeder nur weitläufig, also mit grossen Zwischenräumen geflochten ist, viel schneller und sicherer Verlandung entgegen wirken, als ein einzelner, der an sich dichter ist. Bei einer Section an der obern Weser sollten doppelte Flechtzäune mit Stein- oder Kiesausfüllung ausgeführt werden; bevor jedoch die letztere eingefügt werden konnte, trat Hochwasser ein, und als dasselbe bald abgelaufen war, waren nicht nur die Zwischenräume vom Wasser mit Kies angefüllt, sondern es zeigte sich auch in den Zwischenräumen zwischen je zwei Werken eine sehr günstige Verlandung. Endlich erwähne ich bei dieser Gelegenheit noch der niedrigen Flechtzäune, welche man in Holland beim Packwerksbau und bei anderer Gelegenheit häufig anwendet. Wenn z. B. ein Kanal-Dossirung mit Rasen belegt wird, so bringt man solche Zäune in der Höhe des Wasserspiegels an und lehnt dagegen die Pfähle, wodurch das Abbrechen und Abspülen derselben durch Wellenschlag verhindert wird. Fig. 149 ist die Seitenansicht eines solchen Zaunes. Die Pfähle werden im Abstande von 1 Fuss in den Boden geschlagen und ragen etwa 8 Zoll über den Boden vor. Die Flechtbüschel bestehen aus dünnen Weidenzweigen von gleicher Länge

und Stärke, sie sind etwa 3½ Fuss lang, so dass sie noch etwas über den vierten Pfahl herausreichen. Man legt aber nicht einzeln, sondern immer zu dreien ein, und bei einzelnen Pfähle legt man ein neues Bund an. Wenn man die Wipfel- und Stammenden mizählt, so befinden sich an Pfähle vier Bunde oder 12 einzelne Ruthen. Die Art des P ergiebt sich aus der Figur, woselbst man auch jedes Stammenden vortreten sieht. Die Höhe des Zauns misst

Zuweilen wendet man auch andre Zäune als Sch an, die in ihrer Construction noch einfacher, aber dafür weniger haltbar sind. Namentlich stellt man zuweilen aufrecht neben einander mit den Stammenden in einer und wenn die wiederingefüllte und angestampfte Erde erreichende Festigkeit dem Zaune giebt, so unterstützt man selbst an der stromabwärts gekehrten Seite noch dadurch in Abständen von 10 Fuss Pfählchen einschlägt und selben Stangen bindet, gegen welche die einzelnen R lehnen. Eine solche Anlage lässt sich aber nur im T ausführen.

Zuweilen stellt man die Reiser nicht senkrecht, sondern abwärts geneigt unter einem Winkel von 45 oder auch von 30 Graden gegen den Horizont. Diese Art von Za welche man Rauschen nennt, weichen einigermassen den und Eise aus, und wenn sie an sich weniger haltbar befördern sie doch zuweilen sehr merklich die Verland sondern auf flachen Ufern. Am Unterrhein im Preussische sie häufig mit grossem Nutzen angewendet. Man kann noch dadurch verstärken, dass man über die Stammenden nagelt und mehrere Reihen so nahe hinter einander stellt, sich gegenseitig überdecken. In diesem Falle sind sie nichts andres, als eine todte Rauhwehre.

Man stellt endlich auch durch verschiedenartige Construct aus starkem Holze Stromregulirungswerke dar, deren mit dem der Schlickfänge übereinstimmt. Hierher gehören die Bänke, deren bei Gelegenheit der Senkkasten (§. 74) nung geschehen ist. Eine eigenthümliche Anordnung, neuester Zeit häufig in Italien Anwendung findet, verdient beschrieben zu werden, wenn gleich manche Einzelheiten

näher bekannt geworden sind. Der Zimmermeister Magistrini Savara in Piemont hatte schon im Jahre 1827 am Sissone und an kleinen Flüssen den Uferabbrüchen dadurch Einhalt gethan, er eine vollständige Verkleidung mit Holz anbrachte, die sich dadurch von Bohlwerken unterschied, dass sie sehr flach lag und dabei ziemlich lose aufgestellt war. 1836 wurde ihm die Deckung der Ufer des Po unterhalb der Einmündung des Arno anvertraut und nach der Mittheilung des Ober-Ingenieurs (**) erbaute er bei dieser Gelegenheit nicht nur Uferdeckungen, sondern nach demselben Systeme auch declinante Buhnen. Erfolg soll sehr günstig gewesen sein, wobei man aber nicht achtet lassen darf, dass die früheren Methoden hier wohl höchst vollkommen waren. Fig. 150 zeigt das Profil des Werkes. Die Böcke, die in den Boden eingestossen werden, sind auf der Stromseite mit Dielen benagelt, und das auf diese Art künstlich dargestellte Ufer besteht aus zwei Flächen. Die untere, nur schwach geneigte, schliesst sich an die Sohle des Bettes an und ist ziemlich dicht. Sie erhebt sich nur bis zum niedrigen Wasserstande. Die obere dagegen ist sehr stark und ragt über das höchste Wasser hinaus. In der letzteren schliessen die Dielen nicht dicht aneinander, es dringt daher nicht nur das Wasser mit Leichtigkeit hindurch, sondern auch Sand und Kiess treiben in den Aussern hin, woher eine starke Verlandung daselbst eintreten soll. Der Boden wird mittelst besonderer Vorrichtungen unter Wasser benagelt. Nach spätern Nachrichten hat dieselbe Bauart auch an den Ufern des Arno in Toscana Eingang gefunden und auch sehr günstige Resultate gezeigt.

§. 81.

Pflanzungen.

Für die regelmässige und vollständige Ausbildung der Ufer müssen ausser den Hauptwerken und Schlickfängen die Anpflanzung von Strauch besonders wichtig, und unter gewissen Verhältnissen unentbehrlich. Die Aeste und Zweige des Gebüsches hemmen die Bewegung des Wassers so sehr, dass nicht nur die

(*) *Annales des ponts et chaussées* 1840. I. pag. 37 ff.

schweren Massen, die vom Strome auf dem Boden fortgeführt werden, liegen bleiben, sondern ausserdem auch die feinern Stoffe nieder, welche im Wasser schwimmen, diese bilden eine fruchtbare Erdschicht, worauf später eine Benutzungsart des neu gewonnenen Bodens möglich wird. Umständen kann der Ertrag des Strauchholzes vorzuziehen sein, als der des Graswuchses. Die Ergiebigkeit des ersten mindert sich aber mit der zunehmenden Erhöhung des Wassers und hört endlich beinahe ganz auf. Alsdann ist die Fluth Benutzungsart als Wiese reif geworden, und wenn sie in Folge gehörigen Regulirung des Stromes beim Hochwasser eine Ueberfluthung, aber keiner besonders heftigen Ueberschwemmung ausgesetzt ist, so wird sie nicht ferner mit Sand, wohl aber jeder Fluth mit einer dünnen Lage fruchtbarer Erde bedeckt, die ähnlich einer künstlichen Düngung einen reichen Gewinn verursacht. In dieser Weise darf man es nicht als eine Nothwendigkeit ansehen, wenn ausgedehnte Pflanzungen zur Seite des Stromes oder in alten Flussarmen nach und nach verschwinden, vielmehr nur als das Mittel anzusehn, wodurch der eigentliche Zweck, nämlich die Ausbildung der Wiesenfläche erreicht wird. Sie gewähren aber den grossen Vortheil, dass sie schon während dieser Uebergangsperiode einen reichen Ertrag geben.

Demnächst sind die Pflanzungen auch in sofern sehr nützlich, als der Boden durch ihre Wurzeln befestigt wird, so dass er einer heftigen Strömung und selbst dem Wellenschlage widersteht. Diesen günstigen Einfluss äussern die Pflanzungen aber nicht nur auf horizontale Flächen, sondern selbst auch auf steile Böschungen und sind deshalb zur Erhaltung derselben vor sandigen Wiesen überaus wichtig, wovon schon oben die Rede war.

In der letzten Beziehung ist über die Pflanzungen noch zu sagen. Man muss die Uferränder regelmässig abgraben und aussäen, so dass sie eine dreifache oder mindestens einefache Anlage erhalten. Hiernach werden sie durch eine leichte Spreutlage oder Rauhwehre gedeckt, welche gleich Anfangs das Abspülen der Erde verhindert und sich später in eine vollständige Uferpflanzung verwandelt. Wenn der Angriff des Stromes oder Wellenschlages stärker ist, so kann man das Strömungswasser durch eine Reihe von Wehren oder Stämmen in eine Reihe von kleinen Teichen theilen, welche die Uferpflanzung vor dem Abspülen schützen.

durch eine mässige Beschüttung mit grobem Kiese oder Ziegelsteinbrocken sichern, durch welche der Strauch hindurchwächst, während das Ausspülen des lockern Bodens verhindert wird. Bei noch heftigerem Angriffe besteckt man die Doss oberhalb des gehörig befestigten Fusses mit Pflanzreiseren, packt die Zwischenräume sorgfältig mit groben Ziegelsteinen oder Geschieben aus. Wenn aber ein heftiger Strom auf das Ufer trifft oder eine frequente Dampfschiffahrt davor stattfindet, so zeigen sich alle diese Mittel als ungenügend, und es bleibt nur übrig, die Pflanzung aufzugeben, und das Ufer durch vollständiges Steinrevetement zu schützen. In dieser Beziehung die Einführung der Dampfschiffahrt auf manchen Strömen zu traurigen Erfahrungen Veranlassung gegeben. Während man die Ufer solcher Ströme durch Bepflanzung vollständig gestalten war, und man sich bemühte, in gleicher Weise durch den unregelmässigen Abbrüchen und dadurch dem Entstehen von Schiffahrtshindernisse vorzubeugen, so zeigte der Wellenschlag der Dampfschiffe bald eine so verheerende Wirkung, dass die bisherigen Uferdeckungen einstürzten und die Pflanzungen weggeschwemmt wurden. Namentlich geschieht dieses, wo der Boden aus leichtem Material besteht.

Bei der Anlage der Pflanzungen im bisherigen Flussbette, auf niedrigen Flächen zur Seite desselben sind manche andere Umstände zu berücksichtigen. Zunächst entsteht die Frage, welcher Höhe gepflanzt werden soll. Zum Theil hängt dieses von der Wahl des Strauches ab, doch beschränkt man sich in diesen Fällen wohl ausschliesslich auf die Weiden-Cultur, und da gleich einige Weiden-Arten mehr Dürre, andere mehr Nässe ertragen können, so gilt hierbei doch immer die Regel, dass die bepflanzende Fläche nicht viel unter der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes liegen darf, während die Wurzeln des Strauches selbst beim kleinsten Wasserstande bis in den feuchten Boden oder in das Grundwasser herabreichen müssen. Ausserhalb dieser Grenzen ist das Gedeihen der Pflanzung sehr zweifelhaft, wohl es unter günstigen Umständen dennoch zuweilen erfolgt. Die hohen Wasserstände verursachen aber selbst innerhalb jener Grenzen oft das Absterben der Pflänzlinge, besonders wenn sie sehr jung sind. Namentlich geschieht es nicht selten, dass

ein anhaltend hohes Wasser im Frühjahr die vor Kurzem gelegten Pflanzungen vollständig zerstört. Zufälligkeiten lassen sich nicht vermeiden, wie solche überhaupt in allen Theilen des Strom- und Ufer-Baues sich häufig zu zeigen pflegen.

Eine andere noch wichtigere Rücksicht bezieht sich darauf, dass man nicht durch die Pflanzungen selbst eine Stromveranlassung, oder einzelne tiefe Stellen für den Sand oder unzugänglich machen darf, weil in diesem Falle die bestmögliche gleichmässige Erhöhung und regelmässige Ausbildung des Ufer unmöglich wird. Es ist hiervon bereits bei Gelegenheit der Anordnung der Strombauten (§. 73) die Rede gewesen. Es ist durchaus unstatthaft, an denjenigen Stellen, welche man zu Landung bringen und erhöhen will, jeden Sand- oder Kies zu bepflanzen, der bei kleinem Wasser trocken wird. Die Ablagerung des Materials, die daselbst eingetreten ist, zeigt deutlich, dass unter den bestehenden Verhältnissen gerade hier die Tendenz zu fernerer Erhöhung vorhanden ist, wenn man dieser noch künstlich zu Hülfe kommt, so bilden sich grosse Erhebungen, welche die Regelmässigkeit der Strömung stören und leicht eine vollständige Inselbildung veranlassen, besonders gilt dieses von den Sand-Ablagerungen auf und zwischen den Buhnenköpfen, deren Bepflanzung sehr häufig sogar den Bruch der Buhnen verursacht. Man muss vielmehr jede Pflanzung im Strombette an das feste Ufer anschliessen. Ausserdem darf man auch nie vergessen, dass nur ein starker und schneller Strom das Material herbeiführen kann, wodurch eine Stelle erhöht werden soll. Die Pflanzungen müssen daher geordnet werden, dass ein ziemlich gerader und gehörig breiter Weg dem Hochwasser einen ungehinderten Zutritt zu solchen Stellen gewährt, und das Wasser auch leicht von hier abfliessen kann. Entgegengesetzten Falles würde die Strömung bei jedem Hochwasser auf die einmalige Anfüllung beschränkt bleiben, wovon keine merkliche Wirkung zu erwarten wäre. Ich habe in mehreren Fällen, wo die Pflanzungen ohne Rücksicht hierauf vorgenommen waren, durch dieselben weite Wege und selbst flache Kanäle durch die höchsten Kiesrücken entstehen lassen, und die Erfolge haben dieses Verfahren immer bestätigt. Von wesentlichem Nutzen sind dabei aber noch

niedrige Coupirungen, Flechtzäune u. d. g., welche die Saungen an denjenigen Stellen möglichst mässigen, wo gerade stärksten Ablagerungen erforderlich sind.

Die Ausführung der Pflanzungen betreffend, so beschränke ich mich allein auf einige Bemerkungen über die Weidenarten. Andere Holzarten, wie Pappeln, Ellern u. d. g. können unter Umständen zwar auch mit Vortheil zur Befestigung der Ufer und zur Beförderung der Verlandung benutzt werden, das Ufergebüsch leidet aber bei anhaltenden Ueberfluthungen am meisten und lässt sich am leichtesten pflanzen, während es außerdem bei gehöriger Wartung durch die langen Triebe, die sich auswachsen, eine besonders grosse Quantität Material zum Faschinenbau und für neue Pflanzungen liefert. Für den Uferbau ist daher vorzugsweise die Weiden-Cultur von Wichtigkeit.

Unter den verschiedenen Weidenarten sind einzelne den vorliegenden Zweck mehr geeignet, als andere. Man wähle vorzugsweise solche, die leicht anwachsen, sich schnell ausbreiten und ein brauchbares Strauchmaterial, so wie Bindweiden und Pflänzlinge recht reichlich liefern. Die Röhreweide (*Salix viminalis*), die rothe Uferweide (*Salix purpurea*), auch die Bachweide (*Salix helix*) werden besonders für Pflanzungen empfohlen, und sie sind auch gewiss sehr brauchbar, wiewohl alle übrigen Weidenarten, wenn man jene nicht erhalten kann, zum Theil die beabsichtigten Zwecke gleichfalls erfüllen und daher unter Umständen immer mit Vortheil gewählt werden dürfen.

Das Anpflanzen geschieht ganz allgemein durch Stecklinge. Diese sind Zweige von 6 bis 9 Linien Stärke und von 18 bis 24 Zoll Länge. Die längeren Stecklinge muss man wählen, wenn die zu bepfanzende Sandfeld noch tief liegt, die kürzeren gewähle, wenn es schon höher aufgewachsen ist. Sie müssen nicht aus recht kräftigem jungen Holze bestehen, sondern auch aus älterem geschnitten sein. Die Seitenzweige werden davon entfernt, beide Enden glatt abgeschnitten. Kann man dieselben nicht einsetzen, so müssen sie mit dem Stammende ins Wasser gesetzt, oder in nasse Erde eingegraben werden, doch ist es unter Umständen nöthig, dass nicht viel länger, als etwa eine

Woche nach dem Abschnneiden aufbewahrt werden, und in der Jahreszeit pflügen sie selbst alsdann nicht mehr zu gedeihen. Pflanzen muss der grösste Theil ihrer Länge in den Boden steckt werden, so dass sie gewöhnlich nur 4 bis 6 Zoll vorragen. Gewöhnlich wird eine schmale Rinne oder ein ständiges Loch im Boden ausgegraben, worin man sie vorzulegen kann; denn nur in diesem Falle lässt sich die Erde gehörig gegen den verdeckenden Theil anschütten und feststampfen. Bei nassem Boden, wo der Sand nämlich leicht nachfällt, geht man mit einem Pflanzeisen die Löcher einzustossen und die Reiser einzusetzen; bei Triebssand aber und in weichem Schlamm lässt man, ohne die Löcher vorher darzustellen, die Reiser unmittelbar in den Boden stossen.

Am vortheilhaftesten ist es, die Stecklinge einzeln zu versetzen, wodurch die ganze Fläche möglichst gleichmässig bepflanzt wird, und die einzelnen Pflanzen am wenigsten gegenseitig die Nahrung entziehen. Dabei tritt aber der Uebelstand ein, dass man für jeden Steckling ein besonderes Loch darzustellen muss, was nicht möglich ist, wenn man nicht das Setzeisen anwenden darf. Diese Pflanzungsart lässt sich daher nur bei trockenen nassen Sandfeldern anwenden. Wenn man sie anwenden will, so pflügt man die einzelnen Stecklinge im Abstände von 1 bis 2 Fuss von einander zu stellen; sie bilden alsdann in drei Richtungen Reihen, die sich unter Winkeln von 60 Graden schneiden. Wenn der Boden etwas fester ist, so dass man das Setzeisen nicht gebrauchen darf, weil dabei das aufgestossene Loch nicht ganz anzufüllen wäre, so muss man die Löcher mit dem Spaten darzustellen. Hierbei ist noch zu beachten, dass der Boden durch das Ausgraben nicht zu sehr aufgelockert werden darf, weil er leicht durch das Hochwasser ausgespült werden könnte. Pflanzen geschieht alsdann in Reihen oder in Nestern.

Wählt man die Reihen-Pflanzung, so dürfen die Reihen nicht zum Entstehen von Seitenrinnen Veranlassung geben und müssen daher normal gegen den Strom gerichtet sein, um nicht zu verursachen bei der Ueberfluthung jedesmal einen geringen Seitenstrom und werden deshalb oft Rauschen genannt. Man giebt diesen Namen aber nicht nur den lebendigen Weidenpflanzungen, sondern bezeichnet damit auch die in ähnlicher Weise angelegten trockenen

man oder Zäune zur Seite des Strombettes, von denen schon Bede war, und welche gleichfalls die Erhöhung des Bodens Zwecke haben. Jene Reihen von Stecklingen pflegen 6 bis 12 Fuss von einander entfernt zu sein. Für jede Reihe wird ein 12 Zoll tiefer und möglichst schmaler Graben ausgehoben, in welchem man die Stecklinge neben einander stellt, so dass zwischen denselben ein freier Zwischenraum von 1 bis 2 Zoll bleibt. Dieselben lehnen sich dabei gegen die eine Grabenwand, und indem die Erde hierauf wieder eingefüllt wird, muss dieselbe schichtenweise fest angetreten werden. Die Arbeit wird etwas erleichtert, wenn beim Ausheben des einen Grabens, die gewonnene Erde sich in den nächst vorhergehenden geworfen wird.

Die Nesterpflanzung, auch Kesselpflanzung genannt, unterscheidet sich von der Reihenspflanzung dadurch, dass die Stecklinge nicht in geraden, sondern in kreisförmigen Reihen gesetzt werden. Man gräbt nämlich kreisförmige Löcher in der erforderlichen Tiefe und möglichst steil aus, die oben 2½ bis 3 Fuss Durchmesser haben. In dieselben steckt man die Stecklinge so, dass sie sich rings an die Wände des Loches lehnen: ähnlich rechnet man auf ein Nest ein halbes Schock Stecklinge. Alsdann wird die Erde wieder eingeworfen und schichtenweise fest angestampft. Die Entfernung der Kessel von einander beträgt von Mitte zu Mitte in jeder Richtung 6 bis 10 Fuss. Auch hierbei wird die Erdarbeit dadurch erleichtert, dass man beim Ausgraben eines Kessels die Erde oder den Sand sogleich in den nächst vorhergehenden wirft, in welchen die Setzlinge bereits eingelegt sind.

Von grosser Wichtigkeit ist die Frage, in welcher Jahreszeit die Pflanzungen am passendsten auszuführen sind. Jedermann kann während der Dauer des Hochwassers diese Arbeit ebenso gut vorgenommen werden, wie im Winter, wenn der Boden gefroren ist. Aber auch im Sommer sind die Reiser, so lange sie noch nicht Wurzeln geschlagen haben, zu sehr der Gefahr des Vertrocknens ausgesetzt. Man muss daher eine Jahreszeit wählen, in welcher man einige Monate hindurch weder Hochwasser, noch Dürre, noch auch strengen Frost erwarten darf, da auch letzteres das Reis, so lange es noch nicht Wurzeln geschlagen hat, abzusterven pflegt. Hiernach sind die Pflanzungen am

sichersten in der letzten Hälfte des Monats October und der Hälfte des April. Die Frühjahrsplantzungen hält man gemeinen für besser, besonders wenn sie so früh vorgenommen werden, dass das Strauch noch nicht ausgeschlagen ist. Gegen muss man auch sehr häufig die Herbstplantzungen len, weil alsdann der günstigste Wasserstand einzutreten auch die Arbeitskräfte gemeinlich nur in dieser Zeit in hinreichender Masse zu beschaffen sind. Ausserdem hat man den Vortheil, dass die junge Pflanzung schon beim nächsten jahrs-Hochwasser vortheilhaft wirkt. Bei dringender Pflanzung darf man sich indessen keineswegs an die angegebenen Zeiten genau halten. Die Gefahr des Missglückens ist um so grösser, je weiter man sich von den passenden Punkten entfernt, aber es fehlt keineswegs an Beispielen recht frische Stecklinge zu allen Jahreszeiten und selbst im Sommer Wurzeln geschlagen und kräftige Pflanzungen zu setzten haben.

Auf die gehörige Unterhaltung der Pflanzungen muss man in mancher Beziehung grosse Aufmerksamkeit verwenden. Vor Allem ist es nothwendig, den Zutritt des Viehes abzuwehren, weil dieses in kurzer Zeit die besten Pflanzungen zerstört. Eine hinreichend sichere Einfriedigung und Beaufsichtigung muss daher gesorgt werden. Demnächst pflegen in den Weiden- oder Weidenpflanzungen auch vielfache Beraubungen der Korbmacher einzutreten, und dieses um so leichter, als die Nähe des Stromes eine sehr bequeme Gelegenheit bietet, das Grasgut fortzuschaffen und zugleich die Diebe der weiteren Verfolgung zu entziehen. Die Anstellung einer gehörigen Anzahl rascher Buschwärter, die besonders in der Nacht häufig die Pflanzungen besuchen, kann allein einem solchen Unfuge steuern, aber vortheilhaft, wenn die Commune oder Behörde, welche die Pflanzungen ausgeführt hat, den Korbmachern in der nöthigen Bedarf überlässt, um sie nicht wegen gänzlichen Mangels an Material zum Diebstahl zu zwingen, wobei die Verwüstung der Pflanzung immer sehr gross zu sein pflegen. Auch die Gewinnung des Grases, welches in solchen Pflanzungen sich vorkommt, ist häufig für dieselben sehr nachtheilig. Wenn sich in grösserer Masse zeigt, so kann es freilich ohne

Es werden, aber derjenige, der die Grasnutzung hat, ver-
schiebt leicht den Ertrag derselben zum Nachtheil der Pflanzung,
es ist sonach nicht als Härte zu bezeichnen, wenn jede Gras-
nutzung in den Pflanzungen vollständig verboten und als Holz-
diebstahl bestraft wird. Nur in diesem Falle kann jede von Strauch
besetzte Stelle sogleich wieder bepflanzt werden.

In sofern die Erhöhung des Bodens durch gleichmässigen
Niederschlag den Hauptzweck der Pflanzung bildet, muss man
sich anders dafür sorgen, dass unmittelbar über dem Boden das
Wasser oft vielfache Hindernisse findet, und keine starke
Pflanzung sich daselbst bildet. Die Pflanzung darf sich daher
nicht in hochstämmige Bäume verwandeln, sondern muss immer
niedriges Strauch bleiben. Wenn auch im ersten Falle der
Ertrag an Holz grösser ist, so darf hierauf kein Gewicht gelegt
werden, in sofern dadurch der eigentliche Zweck verfehlt wird.
Ober-Rhein giebt es Pflanzungen, wo die ziemlich entfernt
stehenden Weidenstämme nur belaubte Kronen haben, während
8 Fuss hoch über dem Boden kein frischer Trieb sich zeigt,
daher ein starker Strom bei jedem Hochwasser sich wieder
stellen muss, der auch in den tiefen Wasserschlenken, die
sich vorkommen, unverkennbare Spuren zurücklässt. Der
Wald ist durch das dichte Laubdach dem Zutritt der Sonne und
Luft entzogen, er bleibt daher von jeder Vegetation entblösst
wenn man in diesen Wald eintritt, so giebt sich die kalte
Sumpfluft sehr unangenehm zu erkennen. Dieselbe ver-
breitet sich bei gewissen Winden auch über die Nachbarschaft,
die vielfachen Krankheitsfälle, namentlich die kalten Fieber,
hatten schon die Aufmerksamkeit der Landesregierung in gesund-
heitspolizeilicher Hinsicht auf sich gezogen. Dieser Uebelstand
wurde durch hervorgerufen, dass die Pflanzung nicht den
Boden bedeckt, und sonach die beabsichtigte Ausbildung der Ufer
nur verhindert, sondern auch der Gesundheitszustand der
Gegend beeinträchtigt wird, während Stromregulirungen sonst
im Gegentheil die Sümpfe beseitigen und die Umgebungen
wieder waldig machen.

Wenn die Pflanzung sich indessen auch nicht in einen solchen
stämmigen Wald verwandelt und vielmehr sich selbst über-
haupt immer Gebüsch bleibt, so gestaltet sie sich mit der Zeit
um, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

doch so unregelmässig, dass sie ihren Zweck gleichfalls nicht erreichten. An der untern Weser befanden sich manche Pflanzungen, die seit einigen zwanzig Jahren vernachlässigt, und vielleicht betreten waren, da es nicht leicht ist, durch das hohe Eis hindurchzudringen. Man sah daselbst eine grosse Anzahl Weidenstämme auf dem Boden liegen, welche wahrscheinlich das Eis umgeworfen waren, die aber mit ihren Zweigen nicht verwurzelt hatten. Andere Stellen waren in grosser Ausdehnung vom Strauche ganz entblösst. Eine Grasnarbe hatte sich auch hier nicht ausgebildet, vielmehr wucherten Nesseln, verschiedensten wild wachsenden Pflanzen in ganz ungeordneter Grösse und Ueppigkeit auf dem fruchtbaren Boden. Dagegen die Strömung des Hochwassers tiefe Einrisse und zu hängende Wasserzüge gebildet, welche selbst bei niedriger Wasserstande stellenweise nicht trocken wurden, und die Ufer erweckten, dass sie sich zu vollständigen Seitenarmen ausbilden könnten, wenn sie noch ferner sich selbst überlassen blieben.

Um Unordnungen dieser Art vorzubeugen, muss man zu Zeit, und zwar so oft das Strauch, die für Faschinen erforderliche Länge und Stärke erreicht hat, die ganze Uferpflanzung dicht über dem Boden abtreiben. Nur wenn auf dieser Fläche blossgelegt ist, kann man die entstandenen Unregelmässigkeiten bemerken und beseitigen. Wo sich Blößen zeigen, müssen Nachpflanzungen vorgenommen werden; entstandene Einrisse werden durch Zäune oder durch Dämme geschlossen, unter Umständen werden sogar die höchsten Stellen abgetragen und planirt. Diese Zwecke lassen sich nicht erreichen, wenn die Abholzung nicht vollständig vornimmt, sondern nur das bare Holz aussucht. Dieses Verfahren ist daher nicht zu empfehlen, es stellt sich auch als das theurere heraus, weil das Ausarbeiten dabei viel mühsamer wird. Nur wenn die Schiffskleiner Pflanzung hingezogen werden, welche an den kurz abgetriebenen Stämmen hängen bleiben, muss man einzelne Bündel schlanker Triebe stehen lassen, welche sich unter der Last der Ufer legen und dieselbe in einiger Höhe über dem Boden fortführen, bis sie vom nächsten Bündel gefasst wird.

Je häufiger die Pflanzung abgetrieben wird, um so mehr blüht sie; in vielen Fällen erfolgt daher das Abholzen schon

ale von zwei Jahren. Will man jedoch gehörig starkes Holz haben, so lässt man dasselbe länger wachsen, doch nach drei spätestens nach vier Jahren muss der Schlag erfolgen, weil die Pflanzung leidet. Die beste Jahreszeit für das Schneiden Holzes ist das erste Frühjahr und zwar vor dem Aufbrechen Knospen. Wenn man aber das Holz erst im Herbste geht, so kann es auch im October gehauen werden. Während Sommermonate ist es für die Pflanzung schädlich.

Wenn die Pflanzung endlich ihren Zweck erfüllt und den bis zur Höhe des Wiesengrundes erhöht hat, so pflegt die Erhöhung nur noch sehr langsam zu erfolgen und der Wuchs des Weidengebüsches hört theils aus diesem Grunde, auch wegen der zunehmenden Trockenheit auf. An einigen Stellen stirbt das Strauch ab, und bei gehöriger Wartung schiebt sich daselbst ein gesunder Rasen ein, den man durch Entfernung des Weidengebüsches, indem man dasselbe vollständig entfernt, nach und nach über die ganze Fläche verbreitet, wodurch die Anbildung der Ufer beendigt ist.

§. 82.

Strom-Durchstiche.

Der Zweck der Durchstiche und die verschiedenartigen Wirkungen derselben sind schon früher nachgewiesen. Die Durchstiche pflegen auf die Beförderung der Vorfluth sehr günstig zu wirken (§. 26), wogegen sie die Schifffahrt leicht beeinträchtigen. In Bezug auf die Uferdeckung und den Landgewinn nicht den Vortheil gewähren, den man gewöhnlich von ihnen erwartet (§. 67). Es ergiebt sich hieraus, in welcher Weise die Durchstiche anzustellen sind, welche der Aufstellung der Projekte Strom-Durchstichen vorangehen müssen, und es bleibt nur übrig, von ihrer Anordnung und Ausführung zu sprechen. Bei der Anlage eines Durchstiches beabsichtigt man jedesmal, dasselbe sich zum Hauptarme, und gewöhnlich sogar, dass es zum ungetheilten Stromlaufe ausbilden soll. Seine Richtung ist daher so zu wählen, dass in dem neuen Strombette nur scharfe Krümmungen vermieden werden, sondern dasselbe

sich auch in der obern und untern Mündung an die nächst den Stromstrecken gehörig anschliesst.

Ferner muss der Durchstich, wenn er sich selbst an und nur durch die Strömung verbreitet und vertieft werden soll, ein bedeutend stärkeres relatives Gefälle als der alte haben. Entgegengesetzten Falls würde in seinem ursprünglichen beschränkten Profile diejenige Geschwindigkeit und Strömung nicht einstellen, welche zur Erweiterung des neuen Bettes nöthig ist. Es folgt hieraus, dass der neue Lauf bedeutend tiefer sein muss, als der alte. Welches Verhältniss zwischen der Länge und der Tiefe stattfinden muss, lässt sich nicht genau bezeichnen, aber je mehr es sich der Gleichheit nähert, umgewisser wird der Erfolg und um so weiter muss die Vertiefung oder Baggerung getrieben werden. Eine baldige und vollständige Vertiefung und Verbreitung des neuen Bettes darf man erwarten, wenn die Länge desselben unter der halben Länge des alten Stromlaufes bleibt.

Die erwähnten Rücksichten gelten eben sowohl für einen einfachen als für einen doppelten Durchstich, wenn der Durchstich einfach ist, d. h. wenn er nur eine Krümme abschneidet, als wenn er doppelt oder dreifach ist und er zwei entgegengesetzte Serpentinien oder mehrere Krümmungen abschneidet. Fig. 151 auf Taf. XLII zeigt einen einfachen Durchstich, Fig. 152 und 153 doppelte, und in Fig. 154 bei No. 14, 15 und 16 das Beispiel eines dreifachen Durchstiches, der zweimal das alte Strombette kreuzt. Die Ausführung der zusammengesetzten Durchstiche lässt sich zuweilen etwas erleichtern, dass man zwischenliegende Theile des alten Strombettes benutzt, worin aber die Richtung der Strömung geändert wird, weil entgegengesetzten Falls der Durchstich zusammengesetzter wäre, sondern aus zwei einfachen besteht. Fig. 153 zeigt ein Beispiel dieser Art.

Dass man ferner bei der Wahl der Mittellinie des Durchstiches die Beschaffenheit des Terrains berücksichtigen muss, grosse Anhöhen, Baustellen, Gärten und sonstige wichtige Umgebungen umgehen muss, deren Ankauf oder Abgrabung die Anlage zu theuer machen würde, versteht sich von selbst. Ebenso muss die Stellung des Projects auch schon auf die künftige Befestigung der Ufer Rücksicht genommen werden, und man darf den Damm

so legen, dass er bei zufälliger Erweiterung sogleich Gebäude aufzufahren setzen könnte. Endlich aber verlangt die Erhaltung der öffentlichen Land-Communicationen noch eine ganz besondere Aufmerksamkeit. Gewöhnlich bildet der Fluss oder Strom die Grenze zwischen den Fluren zweier Ortschaften, oder wenigstens zwischen verschiedenen Besitzungen. Bei Ausführung der Durchstiche wird daher, wenn keine Aenderung im Besitzstande eintritt, der nächste Zugang zu einzelnen Grundstücken abgeschnitten, und muss entweder für die eingetretene Erschwerung der Bewirthung sehr bedeutende Entschädigungen zahlen, oder zur Errichtung von Brücken oder Fähren sich entschliessen. Letzteres ist um so kostbarer, als gemeinhin auch auf die Uebernahme späterer Unterhaltung derselben gedrungen wird. Um solchen Anforderungen zu entgehn, versucht man gewöhnlich die Durchstiche so zu legen, dass eine vollständige Ausgleichung der zu beiden Seiten abgeschnittenen Grundstücke stattfindet, und dieselben gegenseitig vertauscht werden können. Alsdann erhalten die Grundstücke ihre natürliche andre Richtungen, als sie mit alleiniger Rücksicht auf ihren eigentlichen Zweck erhalten müssten, ausserdem aber pflegen Grundbesitzer dadurch auch noch nicht befriedigt zu werden, weil es keineswegs auf die Ausgleichung des Flächeninhalts, sondern auch auf die Güte der Grundstücke ankommt, und dieselbe nicht für denjenigen, der sie verliert, angeblich immer grösser zu haben hat, als für den, der sie erhalten soll. Die hierbei entstehenden Schwierigkeiten stellen sich jedesmal sehr gross heraus, und gemeinhin so gross, dass die ganze Anlage deshalb scheitern muss. Kommt sie indessen zur Ausführung, so muss Staat oder die Commune, welche sie im allgemeinen Interesse anstellt, gewöhnlich noch bedeutende Entschädigungen zahlen, um jeden Einzelnen zufrieden zu stellen.

Die Breite, welche das ausgebildete neue Strombett erhalten soll, ergibt sich aus denselben Untersuchungen, durch welche der gegenseitige Abstand der Einbaue oder Bühnen vor beiden Ufern ermittelt wird (§. 73). Im vorliegenden Falle erfordert diese Bestimmung aber eine um so grössere Sorgfalt, als die Ausdehnung der Uferlinien, sobald der Abbruch sich bis zu denselben erstreckt hat, ohne Zeitverlust eintreten muss, und man nicht erst späterhin noch Aenderungen darin vornehmen und die Ufer

etwa zurücklegen oder weiter vortreiben darf. Ausserdem ist hierbei auch die Strömung des Hochwassers wieder in Betracht zu ziehen, die Fluthen müssen nämlich in der Richtung des neuen Durchstiches abgeführt werden, weil dieses sich sonst nicht gehörig ausbreiten und noch auch seine Tiefe sicher behalten könnte. Es muss also das Hochwasser-Profil gleichfalls die angemessene Ausdehnung haben. In den meisten Fällen ist diese Bedingung leicht zu erreichen, und gemeinhin findet schon vor der Ausführung der Durchstiche, in deren Richtung zur Zeit des Hochwassers, eine Strömung statt.

Nur bei kleinen Flüssen gräbt man die Durchstiche in ihrer ganzen Breite aus, bei grösseren Strömen geschieht dieses aber niemals, weil es zu kostbar sein würde. Die vollständige Verbreiterung wird alsdann der Wirkung des Wassers überlassen, und es ist klar, dass man auf deren Eintritt um so mehr hoffen kann, je grösser die Tendenz des Stromes ist, den neuen Weg zu verfolgen. Es kommt hierbei vorzugsweise auf den Unterschied des relativen Gefälles in beiden Stromläufen, oder auf das Verhältniss der Längen des alten und neuen Armes an. Je nachdem ist dabei auch die Stärke des Stromes oder das relative Gefälle selbst und die Festigkeiten des Bodens von Einfluss. Ein alter hinreichend breite und tiefe Arm zieht wegen des niedrigen Profils den Strom gemeinhin noch stark an, und der neue kann nur in Folge des grössern relativen Gefälles einen Theil des Wassers aufnehmen. Dieses muss aber schnell genug abfliessen, um die beabsichtigte Erweiterung und Vertiefung zu bringen, denn sonst unterbleibt diese Wirkung nicht zu Stande, sondern es lagern sich sogar die Sinkstoffe in dem künstlich angelegten Kanale ab, und derselbe versandet.

Die bei Gelegenheit der Stromspaltungen (§. 72) angeführten Untersuchungen dienen zur Ermittlung der Geschwindigkeit nach der Ausführung des Durchstiches sowohl in dem neuen als auch in dem alten Arme eintreten werden, woraus man die Angemessenheit der gewählten Breite beurtheilen kann. Diese Untersuchungen sind aber wegen der Unsicherheit der zum Grunde zu legenden Profile nicht leicht, und namentlich pflegen die Profile des alten Stromes so verschieden zu sein, dass man sich in Verlegenheit befindet, einen bestimmten Werth derselben in die Rechnung einzuführen.

ßerdem darf man nicht vergessen, dass die Verbreitung und Umfang und ebenso auch die Verflachung des Durchstiches nicht wohl bei mittlerem oder kleinem Wasser, sondern gewöhnlich bei hohem Wasser zu erfolgen pflegt.

Historisch mag hier erwähnt werden, dass man bei grossen neuen den Durchstichen nur den zwölften und mitunter sogar den zwanzigsten Theil der Normalbreite giebt, so z. B. wurde der Neuburger Durchstich im Ober-Rhein, nahe unterhalb der schweizerischen Grenze nur in 40 Fuss Breite ausgeführt, während die Normalbreite des Rheins dasselbst zu 800 Fuss (Badensches Mass, wobei 1 Fuss = 0,3 Meter ist) angenommen war. Der Durchstich schnitt indessen eine sehr scharfe Serpentine ab, der Unterschied im Gefälle war daher sehr gross, und die Erfahrung hat auch bestätigt, dass die getroffene Wahl angemessen war. In kleineren Strömen und Flüssen pflegt man dagegen eine viel geringere Breite, oft von ein Fünftel, ein Drittel, oder der Hälfte der Normalbreite zu wählen, so wie man zuweilen dem Durchstiche gleich die volle Breite giebt, wodurch der Zweck ohne Zweifel sichersten und schnellsten erreicht wird.

Demnachst entsteht die Frage, ob man den auszugrahenden Durchstich genau in die Mitte des beabsichtigten neuen Strombettes legen soll. Gewöhnlich geschieht dieses, und wenn beide Ufer ganz symmetrisch sind, so ist gewiss kein Grund vorhanden, eine andere Richtung zu wählen. Nichts desto weniger tritt eine Ungleichmässigkeit nur selten ein und gemeinlich wird der Durchstich, wenn man für seine passende Ein- und Ausmündung Rücksicht mehr oder weniger gekrümmt werden müssen. Der Kanal wird dann gleichfalls gekrümmt, und bei eintretender Strömung wird der Angriff auf sein concaves Ufer stärker, als auf das convexe. Das concave Ufer weicht also schneller zurück, als dieses, und wenn man es nicht abstützen müsste, während das andre durch den Abbruch noch lange Zeit erreicht ist, so wäre diese Deckung schwieriger und es könnte sogar zweifelhaft sein, ob das convexe Ufer jemals weit zurückweichen würde. Hiernach erscheint es angemessener, den Kanal näher an das convexe, als an das concave Ufer zu legen, wie dieses auch in Fig. 151 angenommen ist, indem die gestrichelten Linien die beabsichtigten Ufer des neuen Strombettes andeuten.

Die Ausgrabung des Kanals kann nur bis zum Wasser, oder wenig darunter erfolgen. Wollte man die Fortsetzung, so müsste für Wasserwältigung gesorgt werden, welche in thonigem Boden allerdings ausführbar, sie ist so kostbar, dass man sie selbst in diesem Falle zu unterpflegt. In Sand oder Kiesgrund wird aber wegen der im Strome der Wasserzudrang gewöhnlich so stark, dass derselbe nicht beseitigen kann. Das Grundwasser findet in der ganzen Ausdehnung des Kanals nicht in derselben, indem es mit dem Wasserspiegel der nächst belegenen Strömung übereinstimmt; es ist also am obern Ende des Kanals oben und unten. Hiernach wird die Arbeit am leichtesten, wenn die Ausgrabung an der untern Seite beginnt, oder sie wenigstens selbst so tief herabführt, dass das Grundwasser frei abfließen kann. Das Oberwasser muss dagegen während der Arbeit geschlossen bleiben, und dieses nicht nur bei den geringen und mittleren Wasserständen, sondern auch während der Zeit, weil dieselben beim Eintritt in den noch unvollendeten Kanal verwüsten und die weitere Fortsetzung der Arbeit erschweren. Man sichert daher, wie auch in Fig. 151 dargestellt, das obere Ende des Kanals durch einen Deich, und zu dem Zwecke ziehen sich zu beiden Seiten des Kanals in angemessener Entfernung von den Uferlinien andre Deiche hin, die zum Zwecke haben, das Fluthprofil zu beschränken und dadurch die Strömung im Kanale zu verstärken. Dieser letzte Zweck aber nur in dem Falle vollständig erreicht, wenn auch die Strömung über die zu durchschneidende Halbinsel durch eine Anlage längs des alten Armes verhindert wird. Die Fig. 151 zeigt einen solchen gleichfalls an. Endlich pflegt man noch bei hohem Wasser auch den Zutritt desselben in die Öffnung des Kanals mittelst eines Deiches zu verhindern, die Grabenarbeit noch einige Zeit hindurch fortsetzen zu können. Der eingedeichte Raum füllt sich indessen bald mit Quellwasser an, welches beim hohen Stande des Stromes zu beseitigen ist. Der Nutzen dieses untern Deiches ist nicht bedeutend. Die erwähnten Deichanlagen vermehren im geringem Masse die Kosten des Durchstiches, können aber unter Umständen sogar ermässigen, in sofern sie

gute Gelegenheit zur Unterbringung der ausgegrabenen Erde zu sein.

Die Durchstiche müssen möglichst tief ausgegraben werden, die letzte Vertiefung derselben nimmt man daher vor, sobald der kleinste Wasserstand eintritt, und gemeinhin legt man die Sohle des Kanals in die Horizontale des Wasserspiegels unter der Mündung. In den meisten Fällen ist diese Anordnung von Nachtheil, wenn aber eine starke Niveau-Differenz zwischen dem Ober- und Unterwasser stattfindet, so verliert dadurch der Strom gleich anfangs seine Regelmässigkeit, denn sobald das Wasser hineintritt, so ist bei der verhältnissmässig grösseren Tiefe am obern Ende die Geschwindigkeit daselbst viel geringer, als unterhalb. Der Angriff gegen die Ufer ist daher nicht gleichmässig, und es ist sogar an der Stelle, wo die Geschwindigkeit am geringsten ist, das Entstehen von Untiefen zu besorgen. Dieser kann auch bei der oft übereilten, und daher unvollständigen Abräumung des obern Damms, das erwähnte grössere Profil den Strömung in die Mündung noch vermehren, denn der Wasserspiegel zunächst unterhalb dieses Uebersturzes würde sich heben, bald der Abfluss in der folgenden Strecke bei minderer Tiefe zu erschwert würde. Es ist sonach wohl angemessener, der Sohle des Durchstiches gleich bei der Ausgrabung dasselbe Gefälle zu geben, welches der hindurchgehende Strom in der Oberfläche annimmt. Um dieses zu bestimmen, darf man nicht das im alten Bett vorhandene absolute Gefälle zum Grunde legen, denn dieses ändert sich später, indem ein Theil der Wassermenge sogleich in den neuen Arm abfliesst. Man kann die eintretende Senkung des Oberwassers näherungsweise durch die vorher angelegte Untersuchung finden, und hiernach die der Sohle zu gebende Neigung bestimmen. Wenn der neue Arm ein starkes Gefälle hat, werden auf solche Weise nicht nur die Kosten der Ausgrabung vermindert, sondern die Strömung wird auch regelmässiger, und man darf mit mehr Sicherheit auf eine gehörige Ausbildung des neuen Armes hoffen.

Die Seitendossirungen des ausgegrabenen Durchstiches macht man in der Regel ziemlich steil, damit sie um so leichter zu erhalten und die beabsichtigte Verbreitung befördern. Nichts desto weniger darf man nicht unbeachtet lassen, dass die Dossirungen

bis zum Einlassen des Stromes sich halten müssen, und dann zu schnellern Einstürzen der Ufer die an sich schon sehr kleine Tiefe noch mehr vermindert wird. Es dürfte daher wohl passender sein, die Dossirungen flacher zu halten und ihnen etwa eine zweifache oder zwei- und einhalbfache Anlage zu geben. Eine Bekleidung derselben mit Rasen ist zwecklos, auch darf der mit Bedeckung der Deiche erforderliche Rasen neben dem neuen Deich abgestochen werden, doch muss man auch hierbei für die allseitigste Gleichmässigkeit Sorge tragen.

Nachdem die Ausgrabung des Durchstiches erfolgt ist, plant man den Deich an der obern Mündung nicht früher, als bei höherem Wasserstande zu durchstechen. Bei kleinem Wasser, wo überhaupt die Strömung schon mässig ist, würde dieselbe bei der geringen Tiefe des Durchstiches auf diesen keine bedeutende Wirkung äussern, und möglicher Weise sogar die Ablagerung von Sand oder sonstige Verflachungen zur Folge haben. Sobald dagegen ein höherer Wasserstand eintritt, und der Wasserspiegel in dem alten Arme ebensowohl, wie in dem Durchstiche gleichmässig steigt, so vermindert sich der relative Unterschied der Tiefen in beiden. Das grössere relative Gefälle im Durchstiche kann sonach verhältnissmässig einen weit grössern Theil der Wassermenge diesem zuweisen, als bei kleinem Wasser. Es ist deshalb die Ausbildung des Durchstiches nur bei höherem Wasser zu erwarten. Man hat indessen gemeinhin noch die Absicht, durch einen recht kräftigen Erguss des Oberwassers die Vertiefung des Kanals zu befördern. Zu diesem Zwecke wird der Deich nicht allmählig abgegraben, sondern man bemüht sich, ihn nach und nach zu schwächen und ihn alsdann in möglichst kurzer Zeit zu durchstechen und ganz zu beseitigen. Bis dieses geschehen, ist der Durchstich noch in seiner ganzen Länge nur bis zum Niveau des Unterwassers angefüllt, und das ganze Gefälle zwischen Ober- und Unterwasser ist auf die obere Mündung concentrirt. Sobald diese frei gemacht wird, bildet sich der beabsichtigte Wasserlauf. Er erzeugt zuweilen Uferbrüche, auch wohl geringe Vertiefungen. Eine grosse Wirkung kann man davon aber nicht erwarten, indem er zu früh aufhört, als dass eine solche eintreten könnte. Bei starkem Zufluss hebt nämlich sehr bald den Wasserspiegel im Theile des Kanals, und es stellt sich in der ganzen Länge

mehr oder weniger gleichmässig vertheiltes Gefälle ein. Es darf man auch nicht erwarten, dass jene Wirkungen Uebersturzes, wenn sie auch bedeutend sein sollten, gleichmässig und ganz nach Wunsch eintreten, da man die Trag des Deiches und des schmalen Erdrückens vor der Öffnung bei hohem Wasser nicht vollständig bewirken kann. Das beschriebene Verfahren hat sonach sehr grosse Mängel, in den Fällen dürfte das Eintreten nachtheiliger Unordnungen an der Mündung der Durchstiche allein hiervon herrühren. Es ist daher zweckmässiger, schon bei kleinem Wasser die obere Mündung zu eröffnen, und durch vollständiges Durchgraben und Aushaggen den Deich und den Erdrücken zu beseitigen, ehe das Wasser stark hineinströmt. Dabei kann es vorkommen, dass vor dem Eintritt des hohen Wassers schon eine Verflachung in der oberen Mündung erfolgt, diese ist jedenfalls weit unbedeutender sein, als wenn ein grosser Deich nicht beseitigt würde.

Um die vorteilhafte Wirkung des ersten Ergusses des Wassers in den Durchstich führt man häufig die Eröffnung der Yssel-Mündung oberhalb Arnheim an. Die Verhältnisse dabei aber ganz ungewöhnlich. Als man nämlich im Jahr 1773 der Yssel eine neue, passendere Mündung gab und einen über 4000 Fuss langen Durchstich zu diesem Zweck anlegte, besorgte die Provinz Geldern, der Zudrang des Wassers in der Yssel würde während der Zeit, dass die alte Mündung noch wirksam blieb, zu gross werden, und bestand sonach darauf, dass vor der Eröffnung der neuen Mündung die alte geschlossen würde. Hierdurch verlor die Yssel, die etwa 15 Meilen von Arnheim zum Meere flussaufwärts liegt, ihren natürlichen Zufluss von oben her, und der Wasserstand in ihr stieg auf eine ganz unnatürliche Weise. Als endlich 1774 die alte Mündung beseitigt werden durfte, trat nicht nur der Durchstich selbst, sondern das ganze Flussbett des einstürzenden Wassers angefüllt werden, dieses Wasser daher so stark durch den Kanal, dass es denselben in kurzer Zeit vollständig verbreitete und vertiefte und 12 Stunden lang schon Schiffe hindurchfahren konnten.

Das Gesagte bezieht sich im Allgemeinen auf die Durchstiche, findet seine Anwendung ebensowohl auf die einfachen,

als auf die zusammengesetzten. Bei letzteren kann A
zelne Durchstich, der also nur ein Theil der ganzen A
den Strom nicht gehörig aufnehmen, weil seine obere od
Mündung unpassend situirt ist. Die gleichzeitige Eröffn
der Theile, besonders wenn sie sehr lang sind, ist aber
Fällen nicht möglich, da es oft an Arbeitskräften fehlt,
grosse Ausgrabungen in kurzer Zeit zu vollenden, wäh
andererseits den fertigen, jedoch noch abgeschlossenen D
zur Zeit des Hochwassers nicht mit Sicherheit vor dem
schützen kann. Man pflegt daher bei solchen zusammenh
Anlagen gemeinhin den obern Durchstich zuerst auszuf
zu eröffnen, wobei es natürlich nicht fehlen kann, dass
untern Mündung desselben wegen der scharfen Krümm
starke Uferbrüche und höchst unregelmässige Strömung
stehn, welche später die Ausbildung des folgenden Dur
erschweren. Tritt aber der Fall ein, welchen Fig. 153
dass nämlich ein Theil des bestehenden Flussbettes zwis
den Durchstichen beibehalten werden soll, jedoch so,
Richtung der Strömung in demselben der früheren geg
gegengesetzt ist, so bleibt nichts Andres übrig, als die
beider Kanäle gleichzeitig vorzunehmen.

Nachdem die Ausgrabungen beendigt sind, komm
nächst darauf an, bei eintretendem höheren Wasserstan
hinreichend starke Strömung in dem Kanale darzustellen,
die beabsichtigte Vergrösserung des Profiles bald herbe
und dadurch wieder die dauernde Durchströmung gesich
Ein solcher Erfolg zeigt sich gemeinhin nicht sogleich,
vergeht eine lange Reihe von Jahren, bis die Ausbildung
neuen Stromlaufes beginnt. Während dieser Zeit muss
die erforderlichen Aufräumungen nicht vernachlässigen, w
der Kanal sich theilweise ganz schliessen und somit je
sicht auf Erfolg verschwinden würde. Man wendet inde
wöhnlich noch manche andere Mittel an, um der Er
des Profiles zu Hülfe zu kommen.

Besonders wirksam ist in dieser Beziehung die k
Durchbrechung der Eisdecke vor dem Eintritt d
ganges. Es gelingt dadurch zuweilen, die Abführung des
durch den neuen Arm so sehr zu verstärken, dass in dem

da lange liegen bleibt und sich immer mehr anhäuft, so derselbe beinahe ganz gesperrt wird, und das Hochwasser neuen Weg beinahe ausschliesslich zu verfolgen gezwungen. Es fehlt nicht an Beispielen, dass in solchem Falle die Durchstiche, wenn sie auch bisher ganz unwirksam waren, sich rasch zu Hauptarmen ausbildeten.

Demnächst versucht man auch häufig den Kanal durch künstliche Auflockerung des Grundes zu vertiefen. Dieses Mittel lässt sich nur in dem Falle wirksam, wenn die Strömung stark ist, um den lockern Sand oder Kies fortzuführen. Da der Unterschied der beiden Geschwindigkeiten, die zum Forttreiben gelösten Sandes und zum Lösen desselben erforderlich sind, theilweise nur sehr geringe ist, so beruht dieses Verfahren nur darauf, dass man in der kurzen Zeit des höheren Wasserstandes die Wirksamkeit des Stromes, der an sich schon den Kanal angreift, durch Lösung grosser Massen befördert. Am häufigsten stellt sich hierbei der Erfolg heraus, wenn die feinen Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnern mit thonigem Schlamm angefüllt sind, der diese fest verbindet, aber leicht aufgelöst wird, sobald man die Erdmasse aufwühlt. Die Auflockerung des Grundes kann auf verschiedene Weise geschehen, wenn man besondere Apparate dazu anwenden will. Hiervon soll im folgenden ausführlich die Rede sein (§. 91). Häufig bedient man sich dabei nur eines gewöhnlichen und zwar kleineren Schiffes, das an zwei Leinen gebunden ist, vor welche auf beiden Seiten Pferde gespannt sind, die ihn längs des Durchstiches hin- und herziehen.

Wenn einzelne feste Thonbänke im Durchstiche vorkommen, die den Angriffen des Stromes widerstehen und selbst beim Ueberheben des Ankers nicht angegriffen werden, so muss man stärkere Manöverregeln wählen, und durch Ausgraben Baggern sie bis zur erforderlichen Tiefe beseitigen. In andrer Weise muss man auch den gewachsenen Felsboden ausheben oder durch Sprengen entfernen.

Endlich hat man häufig versucht, durch Verbreitung der Mündung des Durchstiches oder andere ähnliche Anordnungen den Eintritt einer grössern Wassermenge zu veranlassen. Zweck wird indessen hierbei gemeinhin verfehlt, weil die

Regelmässigkeit der Strömung dadurch aufgehoben wird, wenn locale Verflachungen und Vertiefungen entstehen, die mehr als Vortheil bringen. Besonders haben die Schöpfwerke, wenn sie schräge in den Strom geführt werden, häufig günstige Erfolge gezeigt. Fig. 155 zeigt eine solche: man absichtigt dabei eine grössere Anzahl Stromfäden anzufangen, dem Durchstiche zuzuweisen. Die Schöpfbühne hält auch That das Wasser etwas zurück und staut dasselbe vor sich, wodurch das absolute und sonach das relative Gefälle im Durchstiche vergrössert wird. Der Erfolg dieses Staues beruht aber keineswegs allein auf den Durchstich, sondern in grosser Maasse auch auf dem alten Stromarm, und wenn dessen Verhältnisse beziehungsweise zu seiner grösseren Länge der Abführung des Wassers günstiger ist, so bildet sich hier in Folge dieser Verhältnisse vor dem Kopfe der Bühne ein starker Uebersturz, der die Tiefe daselbst noch vergrössert. Gemeinhin wird daher bei Anlagen dieser Art die Strömung im alten Arme vermehrt, der Durchfluss durch den neuen Arm sogar geschwächt. Auch verhält es sich wohl, wenn man das Werk recht regelmässig grosser Länge stromaufwärts führt, und zwar zuletzt in der Richtung, dass es dem Stromstriche parallel ist. In dieser Richtung ist die Schöpfbühne oder das Separationswerk an der Mündung des Pannerderschen Kanals angelegt, durch welches die Zuflüsse des Rheins und der Waal regulirt sind. Solche Bauten sind sehr kostbar, und kommen daher nicht leicht zur Ausführung.

Wenn der Durchstich endlich eine starke Strömung angenommen hat, und sich zum Hauptarme ausbildet, so darf man keineswegs sich selbst überlassen, vielmehr ist in dieser Zeit ganz besondere Aufmerksamkeit auf ihn und ein kräftiges Eingreifen auf seine Ausbildung noch erforderlich, damit er innerhalb der beabsichtigten Uferlinien bleibt und nicht etwa durch den Durchbruch und sich übermässig verbreitet oder einen ganz unregelmässigen Lauf annimmt. Diese Aufgabe ist so schwer, dass man sie nur selten gelöst hat, und da die stärksten Durchbrüche zur Zeit des Hochwassers eintreten, wo niedrige Ufer nicht zugänglich sind, so ist es oft unmöglich, Unordnungen dieser Art vorzubeugen. Nichts desto weniger ist es doch nothwendig, jede mögliche Vorsichtsmaassregel zu diesem Zwecke zu ergreifen.

Es gehört zunächst, dass man die bestimmten Uferlinien durch gesteckte Pfähle bezeichnet, damit man genau und leicht übersehen kann, ob dieselben stellenweise bedroht oder schon erreicht sind. Sodann muss man noch, ehe der Abbruch sich bis zu dieser erstreckt hat, das zur Deckung erforderliche Material herbeiführen, oder es in der Nähe in Bereitschaft halten. In dieser Hinsicht hatte man nach Ausführung mehrerer Durchstiche am Ober- und auf dem Badischen Ufer vielfach die Deckung vorbereitet; dennoch hat der Strom an vielen Stellen die Uferlinie weit überschritten. Wenn man das Steinmaterial wohlfeil beschaffen kann, und daher eine Steinschüttung zur Uferdeckung wählt, so ist diese unter allen Umständen noch am leichtesten auszuführen.

Der Durchstich erhält bei der ersten Ausgrabung, wie er ist, gemeinlich nicht die volle Breite und Tiefe, man überlässt daher seine Ausbildung dem Strome selbst; es werden daher flutende Erdmassen dem letzteren zugewiesen, welche ohne Zweifel gross genug sind, um die nachtheiligsten Verflachungen herzubringen. Man vermuthet auch zuweilen, solche ausgehauene Erd- oder Sandmassen in den unterhalb belegenen Strecken zu finden, und deshalb wird die Ausführung der Durchstiche in der angegebenen Weise oft als höchst gefährlich dargestellt. Man darf indessen nicht unberachtet lassen, dass jeder Strom schon durch die Seitenzuflüsse und von den Ufern, soweit dieselben nicht geschützt sind, übermässig grosse Quantitäten Material erhält, welche die aus dem Durchstiche gelösten Erdmassen vielfach kaum in Betracht kommen. Es ist auch, soviel wir bekannt, in keinem Falle bestimmt nachgewiesen, dass durch letztere sich Verflachungen erzeugt sind. Wenn man aber die beabsichtigte Veränderung des Stromlaufes vollständig ins Auge fasst, nicht nur die Vertiefung und Verbreitung eines neuen Armes, sondern zugleich die Verlandung des alten berücksichtigt, so leidet kein Zweifel, dass weit mehr Material in dem letzteren sich anlagern kann, als aus dem ersten herausgerissen wird, und dass der ganze Erfolg einer Regulirung dieser Art in Bezug auf die den untern Stromtheilen zugeführten Erd-, Sand- und Schlamm massen jedesmal mehr vortheilhaft, als schädlich.

Ebenso ist es auch noch nie nachgewiesen, dass die unterhalb eines Durchstiches belegenen Ländereien nach der Ausführung

desselben höheren Ueberschwemmungen, als früher, angesetzt werden. Es ist bereits bei Gelegenheit der Entwässerungen (§. 25) hiervon die Rede gewesen, und angeführt worden, dass diese Besorgniss durch die Erfahrung nicht bestätigt wird. Ich habe in einem speciellen Falle, wobei dieselbe Besorgniss ausgesprochen war, durch Vergleichung der Wasserstandsbeobachtungen vor und nach der Ausführung der Durchstiche, den Eintritt derselben auf die untere Stromstrecke zu ermitteln mich bemüht, es zeigte sich indessen keine wahrnehmbare Aenderung der Flussverhältnisse, auch war der Zeitunterschied zwischen dem höchsten Wasserstande des Stromes und seiner Seitenzuflüsse in der Mündung aus allen Beobachtungen unverändert geblieben, so dass hiernach nicht einmal zu der Annahme berechtigt wird, dass die hohen Fluthen unterhalb der Durchstiche früher eintreten, als es sonst geschah. Dieses dürfte sich aber dadurch erklären, dass das Hochwasser, welches das ganze Thal inundirt, auch vor der Anlage der Durchstiche nicht das gekrümmte Strombett verfolgte, sondern einen Weg einschlug, der ziemlich nahe mit dem neuen Stromlaufe übereinstimmt.

Bei Ausführung von Durchstichen hat man fast jedesmal die Absicht, den alten Stromarm zur Verlandung zu bringen. Dies erfolgt zum Theil von selbst, sobald der Strom sich entschieden in das neue Bett wirft, aber eine regelmässige und vollständige Verlandung pflegt nicht anders einzutreten, als wenn man mit grosser Sorgfalt die Ausdehnung der Pflanzungen überwacht, und besonders darauf achtet, dass sie nicht etwa stellenweise sich sehr ausbreiten, und den Zutritt des Stromes zu ändern und von den tiefsten Theilen des alten Bettes verhindern. Ganz allgemein zeigt sich eine sehr starke Verlandung zuerst in der obern Mündung jedes verlassenen Stromarmes, in der untern ist sie schwächer, aber doch noch merklich, in der Mitte pflegt sie dagegen ganz zu fehlen. Die Aufgabe besteht sonach darin, eine Rinne von hinreichender Capacität zur Seite der Verlandungen offen zu erhalten, durch welche das trübe Wasser ungehindert in den alten Stromarm eintreten und denselben nach und nach anfüllen kann. Der Niederschlag erfolgt jedesmal an der Stelle, wo das Bett sich vergrössert, die Verlandung dehnt sich daher nach und von oben nach unten aus, und man muss darin zuweilen

das Weidengebüsch zurückhalten und beseitigen, sondern, die Sandflächen sich stellenweise sehr hoch erheben, darin Rinnen, oder förmliche Kanäle ausheben.

Bei Regulirung des Ober-Rheins längs der Französischen hat man zu demselben Zwecke in den Deichen oder Couven besondere Oeffnungen gelassen. Diese ganze Stromung unterscheidet sich aber wesentlich von der bisher benannten: sie bezieht sich nämlich nicht auf das Strombett, sondern auf das Stromthal. Man lässt den Rhein innerhalb des natürlichen Flussbettes seine Ufer nach wie vor beliebig angreifen, dort weder Stromspaltungen, noch auch sonstige Unregelmäßigkeiten, sorgt aber dafür, dass das Hochwasser ziemlich gleichmässig zwischen Deichen fliesst. Die eigenthümlichen Fluthverhältnisse des Ober-Rheins, sowie die beispiellose Verwilderung des Stromes lassen diese Anordnung als ersten Beginn der Regulirung ganz angemessen erscheinen. Die Hochwasser, welche aus dem Erguss des Bodensees sind, treten im Sommer ein, erreichen im Vergleich zu den Anschwellungen weiter abwärts nur eine sehr mässige Höhe, halten aber dafür auch sehr lange Zeit an. Die Verwüstungen, welche sie hervorbringen, sind daher ungemein gross, und um so nöthiger war es, diesen im Interesse der Uferbauweise Einhalt zu thun. Ohne Zweifel wird man auch für die Darstellung eines geregelten Strombettes sorgen.

Die Regulirung des Fluthstromes wird dadurch bewirkt, dass man in einem gewissen gegenseitigen Abstände (250 Meter oder etwa 1600 Fuss Ruthen) und in passenden Richtungen Deiche ausstellt, welche, so oft sie freiliegen, auf der Stromseite bis zum höchsten kleinsten Wassers durch Senkfaschinen mit Steinbewurf bis zum Mittelwasserstande oder bis zum Wiesengrunde durch Faschinen gedeckt sind. Diese künstliche Deckung fehlt natürlich an allen Stellen, wo die Deiche auf dem Wiesengrunde liegen, wo sie ist nothwendig, wenn der Deich auf grosse Länge ins Bett des Stromes trifft, oder einzelne Arme durchschneidet. Im letzteren Falle bilden die Deiche förmliche Coupirungen, es sind darin aber Oeffnungen gelassen, die den fünften bis vierten Theil des abgetheilten Armes zur Weite haben. Sie sind im Boden durch Faschinen von Faschinen mit Steinbewurf gesichert und zugleich

an den Seiten gehörig befestigt. In der untern Mündung ist der Arm ganz offen, um hier keine starke Geschwindigkeit zu anlassen. Durch jene Oeffnung im Deiche stürzt das Wasser mit grosser Heftigkeit in den Seitenarm, dessen Gefälle sich vollständig auf die obere Mündung concentrirt hat; sobald das Wasser über diese Stelle fort ist, so fliesst es sehr leicht weiter. Stark getrübt tritt es hinein, und vollkommen klar es unten wieder heraus. Die Verlandung ist daher ohne Zweifel sehr bedeutend, einzelne besonders tiefe alte Stromarme sind in drei Jahren um 5 Meter sich erhöht haben.

Ich habe bereits wiederholentlich der langen Reihe von Durchstichen erwähnt, welche am Ober-Rhein zwischen Baden und Baden ausgeführt sind. Es erscheint angemessen, über dieselben noch ausführlicher zu sprechen, da sie ohne Zweifel das grossartigste und wichtigste Beispiel von Anlagen dieser Art neuerer Zeit sind. Ich gebe ihre Beschreibung nach den wiederholter Besichtigung gemachten Wahrnehmungen und den Mittheilungen, die mir an Ort und Stelle gemacht wurden. Fig. 154 stellt den wichtigsten Theil dieser Durchstiche dar.

Der Rhein hat bei seinem Austritt aus der Schweiz ein starkes Gefälle, welches indessen bald sehr merklich abnimmt, so dass es sich unterhalb Strassburg auf nahe 1:2000 und an der Französisch-Baierischen Grenze auf 1:3000 reducirt. Unterhalb Strassburg wird es immer geringer und beträgt zwischen Mannheim und der Hessischen Grenze durchschnittlich nur etwa noch 1:1000, während es oft auf lange Strecken noch kleiner ist. Hier konnte man ohne Besorgniss, dass die Schifffahrt durch die Vermehrung des Gefälles leiden möchte, zur Ausführung der Durchstiche unterhalb der Französischen Grenze sich entschliessen. Die Stromlängen und Gefälle waren vor der Ausführung der Durchstiche bei mittlerem Wasser längs der Baierischen Grenze folgende und zwar in Preussischem Maasse ausgedrückt:

	Länge in Rothen.	absolutes Gefälle.	relatives
Neuburg bis zum Wörther Durchstich . .	4301	15,30 Fuss	1 : 3396
Neuburg bis zum Germersheimer Durchstich	4700	10,42 „	1 : 5413
Neuburg bis zum Meckersheimer Durchstich	5284	7,07 „	1 : 8966
Neuburg bis zum Angelhofer Durchstich . .	5987	6,09 „	1 : 10736
Neuburg bis zum Altripper Durchstich. . .	4540	4,30 „	1 : 12666
Neuburg bis zur Mannheimer Brücke	4009	7,35 „	1 : 6533
Neuburg bis zum Frankenthaler Kanal. .	2549	3,44 „	1 : 8888
Neuburg bis zur Hessischen Grenze . .	1646	1,52 „	1 : 12917
Neuburg bis zur Hessischen Grenze	33016	56,01 Fuss	1 : 7073

der folgenden näheren Bezeichnung der Durchstiche habe diejenigen numerirt, welche wirklich zur Ausführung gekommen sind. Die Situationszeichnung Fig. 154 weist sie durch die Ziffern nach:

Der Neuburger Durchstich, ist 1817 ausgegraben und im Jahr 1818 eröffnet. Er nahm den Strom nicht früher auf, als man durch Baggern eine feste Thonbank darin entfernt hatte, jetzt hat er sich vollständig ausgebildet.

Der Daxlander Durchstich, 1822 eröffnet, hat gleichfalls sich vollständig aufgenommen, doch haben die Uferbrüche auf beiden Seiten so weit ausgedehnt, dass man durch Buhnen und Parallelwerke die angenommenen Uferlinien wieder darzustellen musste.

Der Pforzer Durchstich, 1818 eröffnet, nahm erst 1824 seinen Lauf auf, nachdem man eine Schöpfbühne an der obern Seite angelegt hatte. Er hat sich jetzt vollständig ausgebildet und die beiden Ufer sind regelmässig ausgedeckt.

Der Knielinger Durchstich, 1817 ausgeführt, war 1818 schon so weit ausgebildet, dass er als Thalweg benutzt werden konnte.

Er hat sich seitdem übermässig verbreitet, woher er von beiden Seiten aus wieder durch Buhnen beschränkt werden musste.

Der Wörther Durchstich, 1819 eröffnet, und seit 1821 sein Hauptarm geworden, aber es kommen

darin sehr unregelmässige Kiesablagerungen vor, auch die angenommenen Uferlinien namentlich auf der rechten durch vortretende Werke wieder hergestellt werden.

6 Der Neu-Pforzer Durchstich, 1818 eröffnet, war 1832 Thalweg, nachdem der alte Arm durch die Kiesablag grossentheils gesperrt war. Seine Ufer haben sich reg gestaltet und sind vollständig ausgedeckt.

Die bisher benannten Durchstiche sind übereinstimmend der 1817 zwischen Baiern und Baden abgeschlossenen Convention aus geführt und haben sich auch sämmtlich zu Hauptarm gebildet, während die alten Stromarme mehr oder wenig namentlich in ihren oberen Mündungen sehr stark aufgelaut.

Nach jener Convention sollte auch bei Schräck ein Durchstich gemacht werden. Der Strom veränderte hier indes selbst seine Ufer, so vorthailhaft, dass man durch Correction ihm sehr nahe dieselbe Richtung geben konnte, welche bei dem Durchstich projectirt war. Ohne diese günstige Veränderung bei der geringen Abkürzung, die der Durchstich bedingte, wäre wahrscheinlich auch nicht leicht den Strom aufgenommen.

Den nunmehr folgenden Durchstichen liegt die Convention von 1825 zum Grunde, welche jedoch 1832 noch wesentlich verändert wurde. Veranlassung zur Fortsetzung der Arbeiten gab das Hochwasser im Jahre 1824, wobei der wohlthätige Einfluss der bereits ausgeführten Durchstiche sich sehr auffallend kennen gab.

7. Der Linkenheimer Durchstich, 1826 eröffnet, war 1830 Thalweg. Er ist jetzt vollständig ausgebildet und seine Ufer sind gedeckt.

8. Der Leimersheimer Durchstich, 1828 eröffnet, nahm 1836 den Strom auf, nachdem eine Schöpfbuhne an seiner Mündung erbaut war. Auf der rechten Seite ist er ausgedeckt, auf der linken oder convexen Seite hat der Abbruch sich aber nicht bis zu der beabsichtigten Uferlinie ausgedehnt. Er hat den Stromlauf nur wenig abgelenkt.

Bei Dettenheim war auch ein Durchstich projectirt, welcher jedoch nicht zur Ausführung gekommen ist, da bei der Krümmung, die er abschneiden sollte, die Regulirung durch die

Nach erschien. Diese Stelle ist indessen auch gegenwärtig noch unregelmässig.

9. Der Germersheimer Durchstich ist 1827 eröffnet. In dem untern Theile erfolgte gegen 1831 eine starke Vertiefung, gegen der feste Thonboden im obern Theile dem Angriffe des Wassers widerstand. Man setzte daher hier die Ausgrabung noch fort, worauf seit 1832 die Segelschiffe hindurchgehn. Seine Breite hat er unerachtet der viel grössern Länge des alten noch nicht angenommen, doch sind die fortgesetzten Ufer theilweise erreicht und ausgedeckt.

10. Der erste Rheinsheimer Durchstich, der eine starke Serpentine abschneidet, bildete sich nach seiner Eröffnung 1827 sogleich aus. Dieses geschah erst, nachdem im nächsten auch hier eine Schöpfungsbühne angelegt war. Jetzt hat er die beabsichtigte Breite erreicht, und grossentheils sind die Ufer bereits ausgedeckt.

11. Der zweite Rheinsheimer Durchstich bildete sich wegen weichen Bodens, in welchem er ausgeführt ist, viel schneller bald nach seiner Eröffnung 1826 wurde er schon befahren. Die volle Breite hat er aber noch nicht angenommen.

12. Der Mechttersheimer Durchstich, 1838 ausgeführt und wahrscheinlich erst 1839 eröffnet, hat sich jetzt schon so weit erweitert, dass er von Segelschiffen und Dampfschiffen durchfahren wird, wiewohl die beabsichtigten Uferlinien noch lange nicht erreicht sind.

13. Der Rheinhauser Durchstich, erst 1840 ausgeführt, ist wenig ausgebildet, dass er Ende 1844 noch nicht durchfahren werden konnte.

Der letzte Durchstich und zum Theil auch der Mechttersheimer ursprünglich in Verbindung mit einem folgenden, nämlich Speyrer Durchstiche, den Strom in ziemlich gerader Richtung zu den Scheitel der Serpentine vor Speyer führen, wie die kürzte Linie dieses ungefähr angiebt. In der spätern Construction wurde jedoch hiervon Abstand genommen.

14. Der Angelhofer Durchstich ist bereits 1827 ausgehoben eröffnet, da er jedoch nur wenig kürzer, als der alte Strom ist, und der Boden überdies aus festem Thon besteht, so

hat er sich so wenig ausgebildet, dass er 1844 noch nicht den Dampfschiffen durchfahren wurde. Man hatte verschiedene Mittel in Anwendung gebracht, um den Strom hineinzuleiten, auf der Zeichnung angegebene Separationswerk, das eine Steindecke erhalten hat, wurde bereits 1836 erbaut, und ist erhalten worden. Da die erwartete Wirkung desselben sich nicht zu erkennen gab, so hatte man in folgendem Jahr unterhalb dieses Werkes einen Kanal aus dem Rhein durch den Durchstich geführt, um dem letzteren eine grössere Wassermenge zuzuweisen, und 1838 wurde in dem Durchstich recht gebaggert.

15. Der Ottenstädter Durchstich, 1832 eröffnet, hat den Strom in wenig Jahren auf und wurde 1838 schon befahrbar, hat sich jetzt noch nicht vollständig bis zu den bestimmten Linien verbreitet.

16. Der Ketscher Durchstich, mit dem vorigen gleichzeitig eröffnet, und wie jener in ziemlich leichtem Boden ausgegraben, bei der starken Verkürzung des Stromlaufes sich viel mehr und vollständiger ausgebildet. Das linke Ufer ist durch eine Steindossirung versehen und zum Theil ist auch das rechte Ufer ausgedeckt.

Unterhalb dieses Durchstiches wendet sich der Rhein rechts und umströmt in einer überaus scharfen Biegung das rheinische Dorf Altrip. Hier war gleichfalls ein Durchstich geplant worden, der gewiss besonders vortheilhaft gewesen wäre. Er ist indessen nicht zur Ausführung gekommen, weil bei dem angenommenen Grundsatz, dass die Durchstiche als Thalwege die Landesgrenze bilden sollten, das benannte Dorf an das Herzogthum Baden hätte übergehen müssen.

In der Fortsetzung dieses Durchstiches sollte nach der Convention auch der Neckarauer Durchstich zur Ausführung kommen, der den Rhein in ziemlich gerader Richtung bis vor Mannheim geführt haben würde. Er ist indessen ebenso, wie jener, geblieben, und konnte ohne denselben auch nicht füglich durchgeführt werden, denn eines Theils würde er keine passende Einmündung erhalten haben, andern Theils aber fehlte es auch an Aequivalent für das in diesem Falle an Baiern fallende

bei allen übrigen Durchstichen eine gegenseitige Ausgleichung abgeschnittenen Inseln stattfand.

17. Der Friesenheimer Durchstich unterhalb Mannheim ist der erste und zugleich der längste von allen. Seine Länge beträgt 1195 Ruthen, er trifft überall in einen Thonboden, und dieser Umstand, verbunden mit der unzuverlässigen Abkürzung des Stromlaufes, ist wohl die Hauptursache, weshalb es sich bisher so wenig ausgebildet hat. Er wurde 1828 angelegt, kann aber bis jetzt noch nicht von den Dampfschiffen befahren werden, wiewohl bei höherem Wasser die Segelschiffe, die nicht in Mannheim anlegen, hindurchgehn. Im Jahre 1838 wurde die obere Mündung des Durchstiches wieder geschlossen und gab ihm durch Ausbaggern eine etwas grössere Tiefe. Außerdem hatte man damals noch eine andere eigenthümliche Anlage ausgeführt, die ohne Zweifel mit diesem Durchstiche in Beziehung stand. Bei allen andern Durchstichen ist nämlich der alte Stromlauf nicht geschlossen worden, indem man die Schliessung dem Strome überliess, der auch jedesmal, sobald er das kürzere Bett verbreitete und vertieft hatte, das alte verflachte Bett wenigstens dessen beide Mündungen bald zur Verlandung brachte. Dicht unter der obern Mündung des Friesenheimer Durchstiches war dagegen der Rhein durch einen Faschinendamm künstlich gesperret, über welchen der Strom so heftig hinüberstürzte, dass die Schifffahrt im eigentlichen Strombette unterbrochen war. Der Durchstich war gleichfalls noch nicht zu passiren, und so mussten alle Schiffe in dem engen Kanale längs des rechten Ufers verweilen, wo eben wegen jener Coupirung eine überaus heftige Strömung sich gebildet hatte. Dieser Kanal, auf der Stromseite durch ein Parallelwerk aus Faschinen abgeschlossen, war 12 bis 15 Ruthen breit; er erstreckte sich von dem Unterwasser der Coupirung bis nahe an die Mannheimer Schiffbrücke, woselbst er sich trichterförmig erweiterte. Seine Länge betrug etwa 530 Ruthen. Der erwähnte Kanal existirt noch, die Coupirung ist indessen verschwunden.

*) Man findet diese Anlage auf der Charte angegeben, welche der Kaiserlichen Commission des Bau-Directors Rochlitz beigelegt ist. Der Titel dieser

In Betreff des Friesenheimer Durchstiches muss noch erwähnt werden, dass derselbe den Neckar nicht aufnimmt, indem er 350 Pr. Ruthen oberhalb der Mündung des letzteren vom Neckar abgeht. Dieser Umstand ist gewiss für seine Ausbildung nachtheilig.

Endlich führe ich noch an, dass auch im Grossherzogth Hessischen Gebiete eine sehr bedeutende Serpentine des Rheins bei Darmstadt gegenüber, durch den Durchstich am Geyer im Jahr 1828 abgeschnitten ist. Dieser Durchstich hat zwar bei der Abkürzung des Stromlaufes die Strömung aufgenommen, gleichwohl noch nicht die volle Breite erhalten.

§. 83.

Coupirungen.

Wenn man von zwei Stromarmen einen schliessen will, geschieht dieses entweder durch Anlagen, welche die Strömung darin mässigen und sonach die Verlandung befördern, oder durch unmittelbare Sperrung des Armes mittelst eines oder mehrerer hoher Dämme, die man quer hindurchlegt. Gewöhnlich wählt man das letzte Verfahren, wiewohl es in der Ausführung und im Erfolg sehr zweifelhaft ist. Schemerl sagt daher schon, dass in der Hydrographischen Technik hiervon eigentlich gar nicht mehr die Rede sein dürfte.

Die erste Methode ist, wie bereits (§. 72) erwähnt, durchsichtiger und bei gehöriger Aufmerksamkeit auf das Verhalten des Stromes von den Uebelständen der letzten frei. Wo eine Stromspaltung sich gebildet hat, hängt die Stärke des Stromes in jedem Arme von dessen Capacität ab, d. h. von der Leichtigkeit, mit der das Wasser sich darin bewegt. Diese wird durch die Grösse der Querschnitte und durch das relative Gefälle bedingt. Da aber beide Arme zusammen die ganze Wassermenge des Hauptstromes führen, so vermehrt sich die Capacität des einen in demselben Maasse, wie man die des andern beschränkt. Der Umstand,

Schrift ist: „Erwiderung der von dem Ingenieur General von Trautmannsberg herausgegebenen Denkschrift über den Freihafen bei Mannheim,“
 „Wasser- und Strassenbau-Director Rochlitz. Carlsruhe 1836.“

Es Arme neben einander bestehn und sich oft Jahrhunderte lang einander erhalten, zeigt, dass keiner eine überwiegende Tendenz hat, den ganzen Strom aufzunehmen. Eine künstliche Wirkung auf weitere Oeffnung oder Verengung des Armes pflegt daher gemeinhin, wenn sie auch an sich ziemlich geringfügig ist, schon das bisherige Gleichgewicht aufzuheben. Will man demjenigen Arme, den man zum alleinigen ausbilden will, durch Correction der anschliessenden Stromstrecken das Wasser zuweilen zuweist, und es ohne scharfe Krümmung am untern Ende abführt, und zugleich in dem andern Arme an allen Stellen, wo sich Verlandung zeigt, diese befördert; so vermehrt sich die Fluthung im ersten Arme und vermindert sich in dem letzten. Dadurch ist die Veranlassung zur weiteren Verstärkung des Armes und sonach zur ferneren Ausbildung von jenem gegeben, in welchem in gleichem Maasse erfolgt die Verflachung in diesem. Auf diese Art kann man oft durch unbedeutende Anlagen das bisherige Gleichgewicht zwischen beiden aufheben und die beabsichtigte Umänderung herbeiführen. Nach dem, was schon früher hierüber gesagt ist, werden die vorstehenden Andeutungen genügen, um passenden Anordnungen jedesmal nach den besonderen Localverhältnissen zu treffen. Man muss dabei aber wieder die Bäume und Pflanzungen so anlegen, dass das Hochwasser zu den zu erhöhenden Stellen immer freien Zutritt behält (§. 82).

In Betreff der eigentlichen Coupirungen, auch Enklavungen genannt, oder der künstlichen Durchdämmungen Stromarme entsteht zunächst die Frage, in welcher Höhe sie anlegen soll. Ganz wasserfrei, also so hoch, dass sie bei den höchsten Anschwellungen nicht überfluthet werden, kann man sie schon aus dem Grunde nicht erbauen, weil das Wasser zu beiden Seiten, an welches sie sich anschliessen müsste, diese Höhe gewöhnlich nicht hat. Ausserdem aber würde eine solche Anordnung auch die Verlandung des Armes verhindern. Anwendung des Faschinen- oder Packwerksbaues, wenn derselbe nicht etwa durch eine schwere Steindecke gesichert werden muss, eine bestimmte Höhe gewählt werden, nämlich diejenige, in welcher die Weidenpflanzung gedeiht, welche die Krone der Coupirung sichern soll. Bei Steinschüttungen ist eine be-

stimmte Höhe nicht geboten und man kann diese beliebig. Am angemessensten ist es alsdann, die Coupirung nicht halten, und sie nur wenige Fuss über der Sohle des Armes vorragen zu lassen. In diesem Falle bewirken die Coupirungen nicht mehr eine plötzliche Sperrung der Arme, sie verengen nur deren Profil und vermindern ihre Capacität sind daher keinen starken Angriffen ausgesetzt, dürfen auch nicht so fest sein, wie bei grösserer Höhe. Sie haben aber dennoch die Verlandung, besonders in den oberen Theilen der Stromarme, indem die schweren Stoffe, die der Strom beiführt, davor liegen bleiben. Man kann sie daher später erhöhen, und dadurch nach und nach mit viel geringeren Kosten den Zweck vollständig erreichen, als wenn man sie sogleich zur vollen Höhe angeschüttet hätte.

Dieses Verfahren kann freilich nur da gewählt werden, wo das Steinmaterial in hinreichender Masse und Grösse zu beschaffen ist. Man schüttet dabei den Damm am vortheilhaftesten unterhalb der tiefsten Stellen im Arme auf und sorgt, dass der Rücken der Schüttung in gleichmässiger Höhe sich dem Fluss zieht, während er nur wenige Fuss über die Sohle des natürlichen Bettes vortritt. Bei geringer Tiefe wird der Damm niedriger gehalten, entgegengesetzten Falles aber höher, er muss eine gewisse Beschränkung des Profils erfolgen, die so bedeutend sein darf, dass sie einen förmlichen Wasserschwall verursacht, sondern nur in der vorhergehenden Strecke einen Stau erzeugt. Die obere Dossirung dieses Dammes mag steil sein, die untere muss man aber recht flach halten, so dass sie nach Maassgabe der Stärke des Stromes die dreifache bis fünffache Anlage erhält. Wäre sie steiler, so würden die auf der Krone liegenden Steine leicht fortgetrieben werden. Die Sohle selbst darf, wenn sie in dieser Weise sich an eine flache Böschung lehnt, nur eine geringe Breite von 3 bis 6 Fuss haben.

Diese ganze Anlage wird unter Wasser ausgeführt, dazu erforderliche Steinquantum kann man leicht vorräthig halten, und beim Auswerfen der Steine muss man durch geschicktes Feilen sich davon überzeugen, dass das beabzielte Profil recht regelmässig gebildet wird.

Es könnte noch die Frage entstehen, ob es nicht vorthelliger wäre, solche Coupirungen auf recht flache Stellen zu legen, die die gleiche Steinmasse alsdann ohne Zweifel eine grössere Senkung des Strom-Profils verursachen würde. Diese Senkung vermehrt indessen die Strömung, und wenn der Arm an andern Stellen noch weit geöffnet und das Gefälle daselbst nur geringe ist, so concentrirt sich über einer solchen Coupirung der grösste Theil des Gefälles, und es bildet sich ein heftiger Wassersturz, der die Tiefe unterhalb noch vermehrt, also das Profil vergrössert, und für das Werk selbst gefährlich wirken kann. Wenn man dagegen eine tiefere Stelle wählt, so wird das Gefälle auf einem Punkte verstärkt, wo es früher nicht bestand war. Es vermindert sich alsdann über den flachern Stellen, dadurch wird auch die Wassermenge geringer, welche übertritt, d. h. die Strömung wird in diesem Arme mässiger als vorher, und verstärkt sich sonach in dem andern.

Am schwierigsten wird die Ausführung der Coupirungen, wenn der Stromarm bei kleinem Wasser vollständig geschlossen werden soll. Das Gefälle concentrirt sich alsdann beinahe an der Stelle, wo die Coupirung liegt, und der starke Wasserschlag erzeugt, wenn der Bau beinahe vollendet ist, eine sehr heftige Strömung, und eben so heftig ist der Uebersturz, wenn ein höherer Wasserstand eintritt. Diese Umstände bedingen besondere Aufmerksamkeit bei der Anordnung und Ausführung solcher Coupirungen. Man kann freilich die Gefahr vor der spätern Zerstörung dadurch wesentlich ermässigen, dass man statt einer Coupirung deren zwei oder noch mehrere hintereinander anlegt, wodurch das Gefälle vertheilt wird. Es darf indessen kaum der Erwähnung, dass die Kosten der Ausführung in gleichem Verhältnisse zunehmen. Bei reissenden Strömen und bei grosser Länge der Arme ist man freilich gezwungen, mehrere Coupirungen anzulegen, weil die einzelnen selbst bei grosser Kronenbreite und flacher untern Dossirung nicht den gehörigen Widerstand leisten, und beim Hochwasser durchbrochen werden. Der Mosel hat sich diese Nothwendigkeit vielfach herausgestellt.

Wenn man nur eine Coupirung ausführen will, und zwar von solcher Höhe, dass die Strömung bei kleinem Wasser dadurch

vollständig unterbrochen wird, so fragt es sich, an welcher Stelle sie am vortheilhaftesten anzulegen ist. Im mittleren Theile des Armes ist die Tiefe gemeinhin am grössten, wogegen bei den Mündungen weniger tief zu sein pflegen. Der Bau ist daher in den meisten Fällen wohlfeiler, wenn man den Arm oben und unten abschliesst. Man wählt aber gewöhnlich die untere Mündung, weil man annimmt, dass dadurch die Verlandung am meisten befördert wird. Diese Ansicht ist ohne Zweifel grösstentheils richtig, denn alle diejenigen schweren Stoffe, welche nur längs des Strombettes fortbewegen, werden die stark entwickelte Dossirung des Werkes nicht ansteigen und sonach vor derselben liegen bleiben. Sie können also den am untern Ende abgeschlossenen Arm während der Durchströmung des Hochwassers umfliegen, wogegen sie, wenn die obere Mündung durchbaut wäre, in diesen Arm gar nicht gelangen würden. Man darf indessen bei beiden Coupirungen ein starkes Eintreiben des schweren Materials in den geschlossenen Arm überhaupt nicht erwarten, denn dieses kann immer nur durch eine heftige Strömung hineingetrieben werden, und eine solche wird eben durch die hohe Coupirung verhindert. So lange diese mit ihrer Krone über Wasser liegt oder nur schwach überströmt wird, fehlt die Strömung in diesem Arme ganz oder ist doch nur sehr geringe. Sie verstärkt sich erst, wenn das Hochwasser die Krone weit überfluthet, aber auch abdam bleibt sie gemeinhin viel geringer, als im andern Arme, und dennoch die schwersten Steine und der grösste Kies nicht hinein kommen.

Sodann findet man einen Vortheil der Durchbauung der untern Mündung auch darin, dass die Vertiefung oder Auskolkung, welche das Hochwasser beim Uebersturz erzeugt, nicht mehr den Arm trifft, den man zur Verlandung bringen will, sondern nur mehr den ungetheilten Strom. Dabei muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass es bei der Wahl der Baustelle vorzugsweise darauf ankommt, die Coupirung auf beiden Seiten an feste Ufer anzuschliessen, damit nicht etwa ein Durchbruch zur Seite erfolgt. Hiernach ist fast niemals die Gelegenheit vorhanden, das Werk an die untere Spitze der Insel anzuschliessen. Die durch den Uebersturz erzeugte Vertiefung

dennoch in den abgeschlossenen Arm. Hiernach dürfte die zwischen der obern und untern Mündung auf die Verhältnisse keinen wesentlichen Einfluss haben: nichts desto weniger ist sie in andrer Beziehung grosse Vorsicht und Ueberlegung, die leichte Ausführung und die Sicherstellung des Werkes Theil von ihr abhängt.

Vorzugsweise kommt dabei das Gefälle in Betracht, welches am zu coupirenden Stromarme liegt. Dasselbe vergrössert sogar etwas, sobald die ganze Wassermasse durch den angestrichenen Stromarm fliessen muss. Fig. 156 a zeigt eine Insel nebst beiden Stromarmen, von welchen der linke geschlossen werden soll. Im letzten sind zwei Coupirungen angedeutet, die eine am obern, die andre am untern Ende. Wenn man nur eine Coupirung ausführt, wird sich an derselben bei kleinem Wasser das Gefälle concentriren, weil die Strömung in dem Arme vollständig aufhört, und sonach dessen oberer und unterer Theil sich auf das Niveau des Stromes vor und hinter der Insel stellen. Legt man die Coupirung oben an, so hat man im ganzen Arme Unterwasser; dagegen hebt sich der Wasserstand darin bis zum Oberwasser, wenn die Coupirung neben der untern Mündung erbaut wird. Liegt der untere Theil der Insel unter dem Oberwasser, wie Fig. 156 b im Längenprofile zeigt, so verbietet sich dadurch schon die Verlegung des Werkes an die untere Mündung, weil alsdann das Wasser über die Insel abfliessen würde. Aber wenn dieses nicht geschieht, so entsteht dennoch die Frage, ob der erhöhte Wasserstand, der in diesem Falle sich einstellt, vielleicht den Ertrag der Insel oder des Ufers beeinträchtigen kann. Bedenkt man sich eine solche Besorgniss, so muss man entweder das Werk weiter hinaufrücken, oder durch Eindeichungen dem nachtheiligen Einflusse der Anspannung des Wassers begegnen.

Auch die Höhe der Coupirung ist von der Wahl der Bauteile abhängig. Will man die Krone des Werkes etwa zwei Fuss über den niedrigsten Wasserstand legen, so hat man bei der Abhanung der obern Mündung diese Höhe zu berücksichtigen. Wenn man dagegen die Coupirung in der untern Mündung ausführen will, so muss die daselbst ermittelte Höhe noch um das Gefälle vergrössert werden, welches bei dem angenommenen Was-

serstande in dem Arme stattfindet. Wenn daher in dem nicht geschlossenen Arme die Wassertiefen oben und unten gross sind, so muss die Coupirung, falls sie unten erlaubt eine Höhe erhalten, die um das ganze Gefälle des Armes grösser ist, als diejenige, welche für die obere Mündung genügt. Der Mehrbedarf an Material ist in diesem Falle um so bedeutender, als auch die Dossirungen bei gleicher Kronenbreite weiter vortreten.

Eine andere besonders wichtige Rücksicht bei der Wahl der Baustelle ist diese, dass das Werk zu beiden Seiten sich an gehörig hohe und feste Ufer anschliessen muss. Diese müssen höher sein, als die Krone der Coupirung, damit der stärkste Strom bei hohem Wasser im alten Arme nicht etwa, durch die Coupirung unterbrochen, sich über die Wiesenfläche oder über Sandfelder ergiesst. Der Erfolg würde aber auch eintreten, wenn die Coupirung sich gegen ein hohes, ganz unbefestigtes Sandfeld lehnte, da der Angriff des Stromes keinen Widerstand leisten könnte. Es geschieht nicht selten, dass diesen Bedingungen nicht zu genügen ist, indem die Insel aus einer niedrigen, oder wenigstens nicht gehörig bewachsenen Sandablagerung besteht. Will man dennoch die Coupirung in grösserer Höhe ausführen, so ist nichts übrig, als durch passende Pflanzungen die Insel besser vorzubereiten und den gehörigen Anschlusspunkt künstlich zu bilden. Dabei wird aber auch darauf Rücksicht genommen werden müssen, den Uebersturz des Wassers über die Insel zu verhindern und sonach auf derselben, und zwar in ihrer ganzen Länge einen erhöhten Rücken darzustellen.

Die Richtung der Coupirung wird gemeinlich gerade, zwar normal gegen den Strom angenommen. Zuweilen hat man die Absicht, die ganze Insel abtreiben zu lassen, indem die betheiligte Uferlinie des ungetheilten Stromes in die Nähe des Armes trifft. In diesem Falle würde die Coupirung sich in eine Buhne verwandeln. Man giebt alsdann dem Werke eine solche Richtung, wie sie nach dieser Veränderung am besten sein würde, also stromaufwärts gekehrt, wie eine stromabwärts liegende Buhne. Hierbei entsteht aber anfangs der Nachtheil,

Uebersturz des Wassers über das schräge Werk das Ufer der Insel stark angreift, und leicht einen Durchbruch verursachen kann. Vortheilhafter ist es daher, das Werk so zu erbauen, dass es den nächsten Zweck vollständig erfüllt, später aber, wenn die Insel durch den Angriff von der andern Seite her abgebrochen wird, noch andre Bauten auszuführen, die wieder dem spätern Bedürfnisse entsprechen.

Derselbe Grund, der für Buhnen die inclinante Richtung vorzuziehen empfiehlt, spricht auch dafür, die beiden Enden der Coupirung stromaufwärts zu kehren, oder die Coupirung selbst in gleicher Weise, wie es zuweilen bei Wehren geschieht, in einem stromaufwärts gekehrten Bogen zu erbauen. Fig. 157 Taf. XLIII zeigt diese Anordnung. Man erreicht dabei den oben erwähnten Vortheil, dass die Ufer durch das überstürzende Wasser nicht leiden, dasselbe vielmehr von beiden Seiten nach der Mitte des Bettes gewiesen wird.

Wenn die Coupirungen zugleich als Leinpfadsdämme dienen, in welchem Falle man sie auch Leinpfads-Coupirungen nennt, dürfen sie sich von der Richtung des Fahrwassers nicht weit entfernen, weil sonst die Pferde einem zu starken Strome von der Seite ausgesetzt und leicht herabgerissen werden könnten. Man muss alsdann die Coupirungen sehr schräge über den zu schliessenden Arm führen, wobei es nicht fehlen kann, dass an ihrem obern Ende überstürzende Wasser entweder die Insel oder das Ufer trifft und hier starke Abbrüche verursacht. In diesem Falle dehnt sich der Uferbruch häufig so weit aus, dass die Coupirung vom Ufer getrennt wird, und der Strom hinter die Wurzel in den abgeschlossenen Arm fällt. Man verhindert dieses am einfachsten durch das Anschlusswerk A Fig. 158, welches das Hauptwerk unterstützt und das Wasser so weit staut, dass jener gefährliche Uebersturz aufhört.

Um dem Angriffe des Ufers und der Insel vorzubeugen und den überstürzenden Strom möglichst in die Mitte des Bettes zu lenken, pflegt man auch die Coupirung in ihrer ganzen Länge in gleicher Höhe auszuführen, sondern sie in der Mitte etwas zu senken, so dass sie hier ungefähr um einen Fuss

tiefer liegt, als an beiden Enden. Jedenfalls müssen aber diese niedriger, als die Ufer sein.

Die Construction solcher Coupirungen, die über die kleinste Wasser vorragen, stimmt mit der bei Gelegenheit des Bühnenbaues beschriebenen sehr genau überein. Die Schwierigkeiten in der Ausführung und Unterhaltungen der Coupirungen sind aber weit grösser. Man muss daher jede mögliche Vorsicht anwenden, um eines Theils während des Baues den Wirkungen des heftigen Stromes zu begegnen und namentlich eine starke Vertiefung des Bettes zu verhindern, andern Theils aber auch das fertige Werk vor einem Durchbruch zu sichern. Ein solches ist besonders in Folge der Auskolkung an der unteren Seite durch den Uebersturz des Wassers zu besorgen.

Die massiven Coupirungen bestehen im Innern aus einer losen Steinschüttung, und sind in der Krone und im oberen Theile der Dossirungen gepflastert. Auf grosse Kronenbreite kommt es bei ihnen weniger an. Die Breite von 6 oder höchstens von 12 Fuss dürfte daher in allen Fällen genügen. Am meisten sorgt man für ihre Sicherheit, wenn man die stromabwärts gekehrte Dossirung recht flach hält und derselben eine vierfache oder mindestens doppelte Anlage giebt. Ausserdem darf ein Sturzthette zur Sicherung des Fusses dieser Dossirung nie fehlen, welches nach Umständen eine Breite von mehreren Ruthen erhält. Dasselbe muss so liegen, dass das abfliessende Wasser keinen neuen Sturz bildet. Dieses Bette senkt sich aber gemeinhin nicht unbedeutend, indem das herabstürzende Wasser den Sand und Kies darunter fortspült. Dasselbe kann daher bei der ersten Anlage, und zwar besonders wenn die Wassertiefe nur geringe ist, nicht sogleich in der erforderlichen Stärke dargestellt werden, und muss später, sobald es sich gesenkt hat, noch erhöht werden. Es ist aber nothwendig, längere Zeit hindurch für die Unterhaltung dieses Sturzthettes Sorge zu tragen, weil hiervon vorzugsweise die Sicherheit der ganzen Coupirung abhängt. Die obere Dossirung kann man steiler machen: dabei kommt es nur darauf an, dass die Steinschüttung fest liegt und hierzu ist die zweifache, oder bei lagerhaften Steinen schon die ein und einhalbfache Anlage genügend. Endlich ist noch zu erwähnen, dass eben so wie bei den Steinbahnen, in der

des kleinsten Wassers Bankette angebracht werden müssen, welche das Pflaster sich lehnt.

Betreff der Ausführung der massiven Coupirungen ist zu erwähnen. Die Anwendung von feinem Material ist unthunlich, weil der starke Wasserdruck davor den im Werke gelassenen Sand fortspülen könnte. Sobald aber die obere Decke und das Pflaster ihre Unterstützung verlieren, so verbröckelt und es ist dadurch die erste Veranlassung zur Zerstörung des Werkes gegeben. Besteht dagegen der ganze innere Bau aus grober Steinschüttung, so dringt freilich das Wasser durch die weiten Zwischenräume derselben noch stark hindurch: das Werk selbst ist dieses aber ohne Nachtheil, indem keine Bewegung darin vorgeht und kein Theil desselben fortgerissen werden kann. Der dadurch veranlasste Wasserverlust des Hauptbettes freilich unter Umständen nachtheilig erscheinen, man kann demselben aber sehr leicht, wenn man nach Beendigung der Coupirung die obere Dossirung mit einer Sand- oder Erdschicht überdeckt.

Der Bau ausserordentlich erschwert wird, wenn während der Ausführung eine starke Vertiefung eintritt, so muss eine Vorsicht angewendet werden, um dieses zu verhindern. Daher ganz unpassend, die Schüttung des Steindammes in voller Höhe an beiden Enden zu beginnen und in der Mitte zum Schlusse zu bringen, oder ihn von einem Ende bis zum andern in voller Höhe darzustellen. Bevor eine starke Belastung des Profils erfolgt, muss vielmehr der Grund vollständig gesichert sein, was durch Steinschüttungen sehr leicht zu erreichen ist. Versäumt man dieses, so vergrößert sich die Tiefe der noch nicht geschlossenen Durchflussöffnung, und ein sehr grosser Mehrbedarf an Material und Arbeitskräften ist die natürliche Folge einer solchen fehlerhaften Anordnung des Baus. Dieselbe wäre nur zulässig, wenn das Bett aus gewachsenen Felsen bestände. Am angemessensten ist es aber, durch gleichmässiges Anschütten von Steinen ein festes Grundgerüst den ganzen Strom und zwar in der Breite der Coupee mit Einschluss des Sturzbettes darzustellen. Besorgt man, dass noch eine Ausspülung erfolgen möchte, so kann man an

en, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

derjenigen Stelle, wo man den Damm zum Schlusse bringt, diese Schüttung besonders stark machen, oder auch recht Steine daselbst verwenden. Es ist aber bei gehöriger Beachtung des Baues nicht schwer, die Schüttung bis zur Vollendung des Dammes immer in gleicher Höhe zu erhalten, nach der Concentrirung des Stromes auf eine einzelne Stelle zu vermeiden.

Bei losem Boden pflegt die Steinschüttung anfangs zu versacken und die einzelnen Steine dringen oft in das Bett ein. Um dieses zu verhindern, pflegt man ein Sturz- oder eine Senklage (§. 79) vor Ausführung der Steinschüttung als Fundament derselben quer durch den Strom zu legen. Es bedarf keiner besondern Beschwerung, doch muss der Theil der Steinschüttung sogleich anbringen.

Bei festem Boden, und besonders wenn starken Angriffen durch Anbringung einer Senklage vorgebeugt ist, pflegt man das Versacken der Steinschüttung einzutreten; es ist daher auch nach der Vollendung des inneren Theiles die Abpfasterung gleich auszuführen, wodurch das Werk einen wesentlichen Schutz gegen Beschädigungen erhält. Hierzu muss jedoch der niedrige Wasserstand abgewartet werden.

Wenn das Steinmaterial sehr theuer ist, und Faschinen zu beschaffen sind, wie dieses im nördlichen Deutschland der Fall ist, pflegt man die Coupirungen in Packwerke zu führen. Es gelten alsdann noch dieselben Regeln hinsichtlich der Lage, Richtung und Höhe des Werkes, wie für den Steinbau. Nur wenn keine Steindecke angebracht werden soll, muss die Höhenlage so bestimmt werden, dass das Strauch auswaschen. Die Kronenbreite pflegt man in diesem Falle viel grösser nehmen und sie mindestens der ganzen Höhe des Werkes gleich, oft aber noch um die Hälfte grösser zu machen. Es ist diese Vorsicht durch das geringe specifische Gewicht des Strauchs und durch den Umstand, dass beim reinen Faschinenbau die Coupirungen nur die einfache Anlage erhalten können. Auch ist die Anbringung eines Sturzbettes auch bei dieser Construction sehr nöthig, um ein tiefes Auswaschen des Grundes unterhalb der Coupirung zu verhindern. Das Sturzbett

wegen seiner tiefen Lage nicht anders als durch Steine befestigt werden.

Was über die Sicherung des Flussbettes gegen ein Auswaschen während des Baues bereits bei Gelegenheit der Buhnen gesagt ist, gilt ganz besonders auch von denjenigen Coupirungen, die aus Packwerk bestehen. Die Ausführung von Senklagen oder auch von Senkstücken ist hierbei ganz angemessen und oft sogar notwendig, aber zur Beschwerung derselben muss immer gröberes Material benutzt werden, weil der zur Zeit des Schlusses der Coupirung eintretende heftige Strom den Sand und selbst den Kies weitreiben und die ganze Bettung zerstören würde. Es ist daher dringend nöthig, kräftige Vorkehrungen dagegen schon früher zu treffen. Man kann aber die Kosten derselben wesentlich verringern, wenn man die Senklage nur an denjenigen Stellen mit gröbsten und schwersten Material bedeckt, wo die Coupirung zu Schluss gebracht werden soll, oder wo die härteste Strömung zu erwarten steht. Die unangenehmen Erfahrungen, die bei dem Anwenden der Coupirungen in Packwerk vielfach gemacht sind, können die Anwendung dieser Vorsichtsmaassregel, wenn sie auch gegen gewöhnliche Bauart bedeutende Mehrkosten verursacht, dennoch auf das dringendste empfehlen. Unterlässt man sie aber unter ungünstigen Umständen, so setzt man sich der Gefahr aus, dass eine starke Vertiefung des Bettes eintritt, die mit dem anfertigten Material entweder nicht gefüllt werden kann, oder eine heftige Strömung veranlasst, dass die gewählte Constructionsart nicht mehr ausführbar ist, und man sich während des Baues zur Wahl einer andern entschliessen muss. Bevor man in dem einen und dem andern Falle die Anwendung kräftigerer Maassnahmen vorbereiten kann, dauern die Wirkungen des Wassersturmes fort, und es giebt Beispiele, dass ein ursprünglich schwacher Arm, dessen Schliessung sehr leicht erschien, dennoch so stark aufnahm, dass man endlich die Absicht, ihn zu schliessen, ganz aufgeben musste.

Bei Anwendung des Packwerksbaues zu Coupirungen wird dasselbe Verfahren, wie bei Ausführung der Buhnen beobachtet. Man kann dabei nicht, wie bei Steinschüttungen, das Werk allmählich in seiner ganzen Länge gleichmässig auführen; man muss

vielmehr die schwimmenden Lagen jedesmal an einen Theil des Werkes anschliessen, der bereits bis über das Wasser herausragt und gehörig comprimirt wird. Eine nothwendige Folge hiervon ist die sehr starke Concentrirung des Stromes und die Bildung eines heftigen Wassersturzes an derjenigen Stelle, wo endlich der Schluss erfolgen soll.

Gewöhnlich wird zur möglichsten Beschleunigung der Ausführung von beiden Ufern aus gleichzeitig die Ausführung begonnen, welche gleichmässig fortgesetzt. Daraus entsteht der grosse Uebelstand, dass, selbst wenn keine Vertiefung und keine starke Strömung eintritt, der regelmässige Fortgang der Arbeit dennoch gestört wird, sobald die Ausschüsse der schwimmenden Lagen sich berühren. Fig. 159 zeigt, dass die Verbindung und selbst das Zusammenstossen zweier gleichzeitig ausgeführter Packwerke sehr schwierig ist, indem der dazwischen bleibende Raum gar nicht ausgetrieben werden kann, selbst wenn keine sonstigen erschwerenden Umstände eintreten. Wenn aber noch eine heftige Strömung sich einstellt, was bei Coupirungen fast immer der Fall ist, und man die Vorkehrungen getroffen hat, um während dieser Zeit die Vertiefung des Grundes zu verhindern, so sieht man leicht, wie schnell und gefährlich die Verhältnisse sich gestalten müssen. Die schwimmenden Lagen verhindern auch, jede Deckung des im Angriff liegenden Bettes nachträglich vorzunehmen.

Es ist gewiss vom Baumeister unbedingt zu fordern, dass die Zusammensetzung jedes Baues vor dem Beginne desselben vollkommen klar macht, und dafür sorgt, dass derselbe keine ungewöhnlichen Ereignisse eintreten, ganz sicher die eingezeichneten Formen und Dimensionen annimmt. Im vorliegenden Falle wird diese allgemein gültige, sehr wichtige Regel gar nicht gehörig beachtet. Man ordnet den Bau in einer Weise, dass er bei regelmässiger Fortführung der Arbeit selbst unter den günstigsten Umständen nicht vollendet werden kann. Er wird sich vielmehr nur dadurch beendigen, dass man die verbundenen Theile wieder gewaltsam auseinander reisst, und es dem Zufall überlässt, in welcher Weise sie sich endlich so neben einander legen, dass der Schluss wirklich erfolgt. Man darf wohl mit Sicherheit annehmen, dass die Ausführung der Coupirungen

vielen Zufälligkeiten unterworfen und nicht so häufig missglücken würde, wenn man ein methodisches Verfahren darin Anwendung gebracht hätte.

Bevor ich zur Beschreibung einer zweckmässigeren Anordnung des Baues übergehe, muss über die gewöhnliche Bauart noch einiges mitgetheilt werden. Sobald die Lagen von beiden Seiten sich berühren, bemüht man sich, durch Aufbringen von grossen Beschwerungs-Material das Herabsinken der Lagen zu verhindern, indem man zugleich das Werk immer so weit erhöht, dass es über Wasser bleibt. Man pflegt auch, sobald es geschehen ist, die Lagen im Zusammenhange über beide Theile fortzuführen. Jedesmal nach dem Aufbringen des Beschwerungs-Materials handramme recht kräftig zu gebrauchen. Das Rammen hat nicht nur den Zweck, das Eindringen des Wassers in den Stranch zu befördern, sondern die heftige Erschütterung dient zugleich dazu, die Verbindung der Faschinen und Würste zu lösen, weil die einzelnen Lagen beim Herabsinken eine grössere Last annehmen müssen, als sie ursprünglich haben. Indem der Bau hierdurch aufgelockert und das Beschwerungs-Material, welches wenn es fein ist, theils vom Strome weggespült wird, theils aber durch das Stranch hindurchfällt und alsdann gleich fortgetrieben wird, so wirkt vorzugsweise nur diejenige Belastung, die über Wasser liegt, und man muss selbige recht hoch halten. Daher auch besonders dicke Faschinenlagen anwenden.

Wenn das Werk auf diese Art nicht auf den Grund herabgebracht werden kann und die darunter noch stattfindende Strömung gar die Faschinen einzeln oder in grösseren Massen fortzieht, so nimmt man zu grösserem Beschwerungs-Material seine Zuflucht. Steine und Senkfaschinen werden auf die schwimmenden Lagen gebracht, und unter möglichster Beschleunigung des Baues werden die Handrammen fortwährend recht kräftig gebraucht. Man pflegt man Senkfaschinen und oft selbst alte Fahrzeuge, die man stark belastet hat, an der obern Seite des schwimmenden Theiles zu versenken, um möglicher Weise durch diese die Verengung oder wenigstens die Verengung der Durchflussöffnung nach der Schwächung des Stromes zu bewirken. Endlich pflegt man auch zuweilen, wenn nur noch in der Tiefe die

Durchflussöffnung besteht, welche sich im Oberwasser trichterförmige wirbelnde Einsenkung der Oberfläche, und wasser durch starkes Aufwallen zu erkennen giebt, mit stromaufwärts gerichteten Faschinenlage den Strom zu Fig. 160 zeigt diese Anordnung. Die Faschinenlage der Coupirung, also in stehendem Wasser verbunden, fasst sie der abwärts gekehrte Strom und man muss, nicht zu früh herabsinkt, durch Anwendung recht trockenen Faschinen und durch recht hohe Packung die Lage schwimmend erhalten suchen. Ist sie endlich so lang, dass sie bei der Oeffnung überdecken kann, so wird sie schnell mit Benagelt und mit Beschwerungs-Material belastet.

Wenn Material und Arbeitskräfte reichlich vorhanden so gelingt es gewöhnlich, durch die angegebenen Mittel die Coupirung zum Schlusse zu bringen. Sehr häufig geschieht, dass man auf den Mehrbedarf, den die grosse Vertiefung des Bettes veranlasst, nicht vorbereitet ist, und man muss in der Falle, nachdem die Veranlassung zu den grössten Zerschmetterungen gegeben ist, den Bau abbrechen. Die Auskolkungen des Bettes dehnen sich alsdann noch weiter aus, und das ganze Werk wird entweder durchbrochen oder doch sehr beschädigt, und jedenfalls ist die spätere Fortsetzung der Coupirung desselben viel schwieriger, als sie anfangs war. Man aber mit dem unzureichenden Material auch wirklich das Werk zum Schlusse bringt, so hat dasselbe nicht die angemessene Stärke erhalten, und wird alsdann beim Hochwassers bald zerstört, wie dieses z. B. mit der Wiebeking ausgeführten Coupirung des rechtseitigen Rheins bei Honoff geschah.

Hiernach ist es durchaus nothwendig, vor dem Beginn des Coupirungsbaues für das erforderliche Material zu sorgen, zwar so reichlich, dass es selbst unter ungünstigen Umständen genügt. Es kann alsdann freilich geschehen, dass man zu viel Material beischafft. Wie nachtheilig dieses aber auch sein mag, so ist der Mangel immer viel gefährlicher. Oft ist es nicht möglich, andre Strom-Regulirungsbauten in der Nähe etwas zu halten, so dass man im Falle der Noth die für diese be-

nen schnell herüberschaffen und sie zur Vollendung der
Coupirung benutzen kann.

Ausserdem muss auch jede sonstige Unterbrechung des
Baus, namentlich wenn schon eine starke Beschränkung des Pro-
fils eingetreten ist, vermieden werden. Man darf daher den Bau
niemals beginnen, als wenn man mit grosser Wahr-
scheinlichkeit auf die Fortdauer eines günstigen Wasserstandes rechnen

Wenn aber gleichwohl, nachdem der Anfang schon gemacht
ist, starker Regen eintritt, der ein Anschwellen des Stromes besor-
gung erregt, so muss man entweder durch möglichste Beschleunigung
dieselbe vorher zu beendigen suchen oder, wenn dieses
nicht geschehen kann oder sehr unwahrscheinlich ist, so bleibt
nichts übrig, als den fertigen Theil zu sichern und ihn
gegen eine starke Belastung so zu comprimiren, dass die Beschrän-
kung des Profils möglichst geringe bleibt.

Ferner darf es weder an Arbeitskräften, noch an Baumaterial
mangeln, wenn man eine Coupirung beginnt, auch müssen alle son-
stigen Vorkehrungen dazu getroffen sein. Die Faschinen sind
entlang an den Ufern aufgestellt und werden zugetragen. Die
Bänke müssen in hinreichender Anzahl eingerichtet und ge-
nug besetzt sein, um den erforderlichen Bedarf an Würsten mit
Leichtigkeit schnell genug beschaffen zu können. Das Beschwerungs-
material darf aber wegen der nöthigen Beschleunigung nicht mehr
am Ufer beigekarrt werden, wodurch auch die Passage über das
Bett gestört werden würde. Es ist daher vortheilhafter, die
Bänke oder den Sand und Kies oder Steine in Nachen anfahren
und unmittelbar auf die Lagen aufwerfen zu lassen. Damit die
Wassertransport aber regelmässig erfolgt und kein Aufenthalt
eintritt, so muss auch für die nöthige Anzahl von Nachen,
deren Besatzung und sonstige Anstalten zum Hin- und Her-
fahren derselben, besonders aber für das Beschwerungs-Material
sorgfältig gesorgt sein. Dieses darf sonach während des Baues nicht
etwa aus dem Strombette ausgebaggert werden, es muss
vielmehr bereits gewonnen und zum Verladen möglichst nahe im
Ort aufgeschafft liegen.

Nähert sich die Coupirung ihrer Vollendung, so ist jede
Unterbrechung am nachtheiligsten, indem der hindurchstürzende

Strom den Bau angreift, das Beschwerungs-Material auszuheben, wenn der Grund nicht gesichert ist, auch die Tiefe des Baues schnell vergrössert. Man darf daher unter schwierigen Verhältnissen selbst in der Nacht keinen Stillstand eintreten lassen, sondern sorgt deshalb für gehörige Abwechselung der Arbeiter an dem Bau so, dass er zur Zeit des Vollmondes zum Schlusse kommt. Eine künstliche Erleuchtung durch Feuer und Laternen kann den Mondschein nicht ersetzen, da sie immer nur einzelne Stellen, auch diese nur unzulänglich erhellt.

Diese sind die Vorsichtsmaassregeln, die man in grosser oder geringerem Maasse in Anwendung zu bringen pflegt, wenn man die Entstehung einer starken Strömung besorgt. Nicht weniger sind sie zuweilen dennoch ungenügend, und verlangen wenigstens nicht die starke Vertiefung und sonach eine wesentliche Erschwerung und Vertheuerung des Baues. Es ist daher wichtig, den Bau so anzuordnen, dass die Wirkung der Strömung weniger nachtheilig wird, oder ein mehr gesicherter und gleichmässiger Fortgang der Arbeit erwartet werden kann.

Von der Sicherung des Grundes durch eine mit Stein beschwerte Senkklage ist schon früher die Rede gewesen. Die Hydrotekten empfehlen aber, die starke Vertiefung dadurch zu verhindern, dass man die Coupirung in der obern Mündung des Nebenarmes in der Art erbaut, dass sie sich zugleich als Uferdeckwerk des Hauptarmes darstellt.*) Man meint, dass in diesem Falle keinem besonders starken Angriffe ausgesetzt und da die Tiefe an dieser Stelle nur geringe zu sein wird, so soll zuweilen eine solche Coupirung verbunden mit einem Wehre, die man später am untern Ende des Armes erbaut, wohlfeiler werden, als wenn man die untere, während der Arm noch nicht gesperrt war, allein ausgeführt hätte. Dieses wäre allerdings zu erwarten, wenn der zu schliessende Arm seiner ganzen Länge sehr flach wäre; wenn derselbe aber so grosse Tiefe hat, dass er nach Ausföhrung der obern Coupirung noch durch die untere Mündung vollständig mit Wasser gefüllt wird,

*) Schemerl, Abhandlung über die vorzüglichste Art, an Flüssen und Strömen zu bauen. Wien 1782. — S. 65 ff.

fällt wird, so stellt sich überall, wo man auch die Coupirung ansetzen mag, dieselbe Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser dar, und der Durchfluss ist an der einen Stelle eben so gross, wie an der andern.

Später hat Schemerl *) noch die Fig. 161 dargestellte Anordnung angegeben. Die beiden Theile des Werkes sollen nämlich so gelegt werden, dass sie neben einander vorbeigreifen.

Der wesentliche Vorzug dieser Methode gegen die gewöhnliche besteht darin, dass die einzelnen Lagen regelmässig herabsinken können und ihre Verbindung während des Versenkens nie wieder gelöst werden darf. Nach Schemerl's Vorschlag soll auch die übrig bleibende Oeffnung zwischen beiden Theilen gar nicht geschlossen werden, sondern zur Beförderung der Verlandung des einen Armes offen bleiben. Der hindurchgehende Strom kann keine grosse Vertiefung erzeugen, in sofern die beiderseitigen Coupirungen sich berühren und gehörig gesichert sind. Die Richtung desselben ist überdies stark seitwärts gekehrt, woher er auch aus diesem Grunde nicht besonders heftig werden kann. Obwohl wohl möchte es nothwendig sein, das Ufer, dem er zugekehrt ist, gegen Abbruch zu sichern.

Wenn die Coupirung bis über das Wasser heraufgeführt werden soll, so dürfte für den Packwerksbau die Fig. 162 im Profile dargestellte Anordnung sich besonders empfehlen. Sie stimmt mit der gewöhnlichen Bauart sehr nahe überein. Beide Arme der Coupirung werden nämlich direct gegen einander geführt, so dass sie in einem Damme von gleicher Breite vereinigen. Der Unterschied gegen die beschriebene Construction besteht nur darin, dass der Bau der beiden Theile des Werkes nicht gleichzeitig geführt wird, und sonach in jedem derselben die Lagen gehörig gesenkt werden können. Man beginnt den Bau an demjenigen Orte, wo der stärkste Angriff besorgt werden muss, und führt ihn hier nur so weit heraus, dass er noch keine starke Verengung des Profils veranlasst. Besonders ist aber darauf zu sehn, dass der Theil des Werkes vor dem Kopfe eine recht flache Dossage, also mindestens vierfache Anlage erhält. Eine Beschwerung

*) Erfahrungen im Wasserbau, Band I. Wien und Triest 1802.

mit Steinen ist dabei nicht zu umgehn, doch ersetzt das Dossirung schon die Senklage, welche behufs Sicherung des Baues sonst erforderlich sein würde. Der andere Theil der Coupur darf nicht früher begonnen werden, als bis der erste Theil ganz beendigt, oder doch so weit gediehen ist, dass die Anrührung der beiderseitigen schwimmenden Lagen nicht zu besorgen ist, auch die erwähnte Beschwerung mit Steinen vollständig erfolgt ist, oder vor der Annäherung des zweiten Theiles erfolgen kann. Letzterer wird alsdann in gewöhnlicher Weise ausgeführt. Wenn man hierbei auch keineswegs vor allen Schwierigkeiten in Folge der verstärkten Strömung gesichert ist, hat jedenfalls diese Methode den grossen Vorzug, dass weder der gehörigen Verlängerung der Lagen nicht gehindert wird, noch dass zugleich beim Eintritt der stärksten Profilverengung der Strom des zweiten Theiles über den bereits fertigen Theil hinwegfließt und sonach ein Ausspülen des Grundes nicht weiter möglich ist. Die Figur zeigt an der linken Seite den bereits fertigen Theil des Baues, rechts dagegen den noch schwimmenden Theil des Baues, rechts dagegen den schwimmenden Lagen des andern Theiles.

Man hat vielfach statt des Packwerks- den Senkstein bei Ausführung der Coupirungen angewendet. Wenn gleich eine ausführliche Beschreibung dieser Bauart erst später gegeben werden soll, so ist dieselbe doch schon oben (§. 75) so weit erklärt, dass ihre Anwendbarkeit auf diesen Fall sich hier beurtheilen lässt. Wenn der Querschnitt der einzelnen Senkstücke nur geringfügig im Vergleich zu dem des zu schliessenden Armes, oder der noch übrig bleibenden Oeffnung, so pflegt die Verwendung keine besondere Schwierigkeit zu machen, und man erreicht bei dem Vortheil, dass mit einem Male grosse Flächen gedeckt werden. Die einzelnen Senkstücke (Prismen oder von Faschinen) lassen sich indessen, wenn man sie auch nahe neben einander legt, nicht in Verbindung bringen, gewöhnlich bleiben weite Stossfugen zwischen je zwei Stücken. Auf die Ausfüllung derselben, besonders derjenigen, die parallel der Strömung gerichtet sind, muss man sehr aufmerksam sein, weil sonst eine heftige Strömung hindurchzieht, die leicht eine starke Vertiefung verursacht und dadurch für das ganze

blich wird. Oft legt man mehrere Schichten Senkstücke übereinander, und sorgt für die gehörige Abwechselung der Fugen selbst. Jene Gefahr wird indessen hierdurch keineswegs vermindert, vielmehr sogar vergrößert, denn wenn die Rinne bedeckt ist, so kann man sie nicht mehr durch Steine oder Senksteinen schliessen, was sonst möglich gewesen wäre. Es ist dringend nöthig, diese Fugen oder Rinnen durch Nachfüllen von schwerem Material vollständig zu schliessen, bevor sie die folgende Lage der Senkstücke aufbringt.

Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmaassregel ist der Senksteinbau bei Coupirungen gewiss nicht nur zulässig, sondern vortheilhaft, wie er in der That häufig bereits mit dem besten Erfolge zu diesem Zwecke angewendet worden. Die Untersuchung der Ausfüllung der Fugen ist indessen nicht leicht, woher dieser Bau keine überwiegenden Vorzüge vor einem sorgfältig angeordneten Packwerksbau zu haben scheint, der einen ununterbrochenen Zusammenhang im ganzen Werke darstellt. Dazu kommt noch, dass die Fuge, wenn sie ursprünglich auch geschlossen war, sich wieder öffnen kann. Bei Ausfüllung mit Steinen darf man sich freilich weniger besorgen, aber leichtes Material und namentlich Erde und Sand kann geringe Wasseradern hindurchlassen, welche Anfangs ganz unscheinbar sind, aber dennoch sich nach und nach erweitern und vielleicht plötzlich die letzten Widerstände überwinden, und ganz unerwartet bei einem Hochwasser als starke Stützen durchbrechen. So hatte eine aus Senkstücken erbaute Wehr bereits manches Hochwasser ausgehalten, ohne irgend einen Schaden zu erregen, brach aber plötzlich durch, indem einige Stücke fortschwammen. Zum Versenken der einzelnen Stücke kann man aber in diesem Falle wahrscheinlich nur Erde verwendet. Eine eigenthümliche Anwendung des Senksteinbaues zur Coupage von Flussarmen ist einst von Funk versucht worden. Funk (s. selbst dieses Versuches *), sagt auch, dass er misslungen. Seine Mittheilung ist indessen zu kurz, als dass man die beabsichtigte Anordnung des Baues und den Grund des Missglückens

Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst, Lemgo 1808, Seite 330
Anmerkung.

daraus ersieht. Die Absicht war keine andere, als mittelst ein einziges Senkstückes den ganzen Stromarm auf einmal zu schließen und dadurch den Schwierigkeiten zu begegnen, die sonst während der Ausführung eines solchen Baues einzutreten pflegen. Vor dreissig Jahre später hörte ich mehrfach von diesem missglückten Bau sprechen, und da ich bestimmte Nachrichten darüber zu haben wünschte, so machte ein alter Kriibmeister, der bei diesem Bau mitgearbeitet hatte, die folgende Mittheilung. Seine Erzählung erscheint aber in sofern durchaus glaubwürdig, als er die Dimensionen des Senkstückes sehr genau übereinstimmend mit den von Funk bezeichneten angab.

Die Weser war in der Nähe von Wietersheim, etwa eine Meile unterhalb Minden, in zwei Arme getheilt. Der linke bildete das eigentliche Fahrwasser, doch versandete dieses nach und nach so sehr, dass die Schiffe endlich den stark gekrümmten rechten Arm noch leichter, als den linken befahren konnten. Man entschloss sich daher im Jahre 1805 den rechten Arm zu schließen und zwar sollte dieses, wie erwähnt, durch ein einziges Senkstück und zwar wahrscheinlich an der schmalsten Stelle des Armes geschehn. Zuvor wurde der linke Arm theils durch Aufgraben und theils durch Baggern vertieft, damit die Schiffe ihn weiter passiren konnten.

Etwa 20 Ruthen oberhalb der Stelle, wo die Coupirung hergestellt sollte, wurde das Senkstück auf einer geneigten Rüstung am linken Ufer des Armes, also auf der Insel selbst erbaut. Das Stück war 85 Fuss lang, in der Krone 12 Fuss breit und an beiden Seiten mit einfacher Anlage geböscht. Seine Höhe betrug durchschnittlich 8 Fuss (Funk sagt, dass es 84 Fuss lang, 28 Fuss breit und zwischen 6 und 10 Fuss hoch gewesen ist). Es wurde parallel zum Ufer erbaut und musste daher, sobald es auf dem Wasserschwamm, eine Schwenkung machen, um das Profil sperren zu können. Um es anzuhalten, sobald es die Stelle erreicht hatte, wo es versenkt werden sollte, wurden zwei Reihen harkener Pfähle von Fahrzeugen aus eingerammt. Die Pfähle waren 15 bis 18 Zoll stark, reichten etwa 10 Fuss in den Grund, und standen so nahe, dass ihre lichte Entfernung nur etwa 1½ Fuss betrug. Der Zimmermeister, der die Rammarbeit leitete, machte den Vorschlag,

nien zu verholmen und noch durch Verstrebungen zu sichern. Vorsichtsmaassregel wurde indessen für überflüssig erachtet und blieb.

Auf jedem Ende des Senkstückes waren mehrere Pfähle eingetrieben und hieran Taae befestigt, die theils vom rechten, vom linken Ufer aus durch Menschen gehalten wurden, und sollen etwa 70 Mann an jedem Ufer gewesen sein. Als das Schwamm, ragte es ungefähr 2 Fuss über das Wasser vor. Das linke Ende desselben wurde festgehalten, das rechte dagegen gezogen. Der Strom fasste das Stück sogleich, und vollbrachte beinahe die beabsichtigte Drehung. Kaum lag es jedoch quer über den Strom, als es das Wasser oberhalb aufhub und zwar so stark, dass die Insel, die früher noch 1½ Fuss Wasser gewesen war, plötzlich 1 Fuss hoch überfluthet wurde. Die selbst befindlichen Arbeiter erschreckt, und auf ihre Rettung bedacht, liessen das Tau los, welches sie doch nicht halten konnten. Auch auf der andern Seite wurde das Tau fortgerissen und das Stück trieb schnell den Strom herunter. Das linke Ende erreichte zuerst die Pfahlreihen: diese leisteten aber nicht den nöthigen Widerstand, und mit lautem Krachen brachen die Pfähle schnell, einer nach dem andern, wie Zündhölzer ab. Das Stück durchschwamm den ganzen Arm und trieb noch etwa hundert Ruthen weiter im ungetheilten Strome fort, bis es auf eine Sandbank vor dem rechten Ufer auflief, wo es liegen blieb. An Zurückbringen war natürlich nicht zu denken. Die obersten Linien wurden daher, soweit sie über Wasser lagen, ausgehoben, bei weitem der grösste Theil derselben konnte aber nicht gehoben werden und versandete bald. — Kurze Zeit darauf wurde der Arm auf die gewöhnliche Art geschlossen, und diese letzte Coupirung ist unter dem Namen der Prangen-Schlacht den Schiffen und Anwohnern noch heute bekannt, wiewohl sie bei der vollständigen Verlandung des ganzen Armes schon lange nicht mehr sichtbar ist.

Wenn die Coupirung in einer oder der andern Weise ausgeführt wird, so ist sie keineswegs wasserdicht, darf aber nicht hoffen, dass in ähnlicher Weise, wie bei der niedrigen Steinschüttung, die Zwischenräume sich bald mit

158 XI. Regulirung der Ströme. 83. Coupirungen.

feinen ordigen Theilen anfüllen werden, weil das hohe Werk in kleinem Wasser und selbst bei höheren Anschwellungen, wenn es schon stark überströmt wird, dennoch einen bedeutenden Stau erzeugt und in Folge des hieraus entstehenden Wasserdrucks immer stark durchströmt wird. Diese Durchströmung ist für das Packwerk wesentlich nachtheilig und gefährlich, wenn das Stau material leicht ist und sonach ein Ausspülen desselben bewirkt werden kann. Man pflegt daher, wie das Profil Fig. 163 zeigt, vor der Coupirung noch eine starke Erdschüttung anzubringen. Dieselbe ist gewöhnlich in der Krone nur 6 Fues breit; das Packwerk aber eine zweifache oder wenigstens eine ein und einhalbfache Anlage erhalten muss und der Faschinenkörper nur die eine Hälfte hat, so nimmt ihre Breite nach unten stark zu.

Zum Schutze des Werkes wird häufig nur eine Rasenkrone auf der Krone und, soweit es geschehn kann, auf den Seitenrampen angebracht. Viel sicherer ist es aber, eine Steindecke dafür zu wählen.



Zwölfter Abschnitt.

t a u - A n l a g e n .

§. 84.

Anordnung der Stau-Anlagen.

Stau-Anlagen bilden mit den zugehörigen Vorkehrungen zur Abführung des Hochwassers eine sehr wichtige Klasse von Bauwerken. Sie sind nicht nur in gleicher Weise, wie die Regulirungs-Bauten, für die Landes-Cultur und die Schiffahrt von Nutzen, sondern ausserdem dienen sie auch zu industriellen Zwecken, indem fast alle Wassermühlen nur durch künstlich aufgestautes Wasser betrieben werden.

An grossen Strömen kommen sie selten vor, dagegen finden sie sich sehr häufig an Bächen, Flüssen und kleinen Strömen. Um sie den Wasserspiegel vor sich erheben, oder das Wasser aufzuhalten, so vermindert sich das Gefälle weiter aufwärts, und wenn dieses sonst mehr oder weniger gleichmässig auf eine längere Länge des Flusses vertheilt war, so concentriren sie es an jener Stelle, wo sie erbaut sind. Hierdurch bildet sich eine bedeutende Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser, welche zur Anlage kräftiger Mühlen und anderer Wasserwerke Gelegenheit giebt. Demnächst kann das gehobene Oberwasser auf die niedrigen Ufer zur Seite geleitet werden, und zur Bewässerung derselben dienen. Für die Schiffahrt sind die Stau-Anlagen aber in sofern sehr wichtig, als sie vor sich einen hohen Wasserstand erzeugen und sonach eine grössere Fahrtiefe stellen. Ausserdem bedingt die hieraus hervorgehende Verflachung des Profils auch eine verhältnissmässige Verminderung der Geschwindigkeit, wodurch die Schiffahrt gleichfalls erleichtert wird. Die Verminderung des relativen Gefälles in der Flusstrecke oberhalb der Stau-Anlage hängt hiermit sehr nahe zusammen, und es ist als unmittelbare Folge der geringeren Geschwindigkeit anzusehen. In sofern nämlich die Wassermenge des Flusses gegeben, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

vom Stau ganz unabhängig ist, und nach der Anlage gross bleibt, wie sie früher war, so bildet sich in jedem dasjenige Gefälle, welches zur Darstellung der erforderlichen Geschwindigkeit nothwendig ist.

Der Zweck der Stau-Anlagen ist hiernach wesentlich verschieden von dem der Coupirungen. Wenn letztere zuweilen auch einigen Stau erzeugen, so ist dieser dauernd, und gemeinhin senkt sich das Wasser oberhalb mit der Zeit sogar tiefer, als es vor der Anlage stand, ausgebildete übrig bleibende Arm es leichter abführt, als früher durch beide Arme geschah. In der Ausführung der Arten von Bauwerken oft wenig verschieden und stimmen zuweilen vollständig mit einander überein. Im Allgemeinen fordert die Stau-Anlage eine solidere Construction als eine Coupirung, da sie niemals verlandet und daher fortwährend der Einwirkung des Stromes ausgesetzt bleibt.

Die Stau-Anlagen lassen sich nach ihrer verschiedenen Höhe in drei Klassen eitheilen. Die Krone derselben ist nämlich entweder niemals vom Wasser bedeckt; sie ist höher, als das höchste Oberwasser. Im zweiten Falle ist sie zuweilen vom Wasser bedeckt, während sie zuweilen unter Wasser hervorragt: sie liegt alsdann zwischen dem höchsten Oberwasser und dem kleinsten Unterwasser. Endlich ist eine Stau-Anlage auch unter dem kleinsten Unterwasser liegen, sie fortwährend vom Wasser bedeckt bleibt.

Die Stau-Anlagen der zweiten Klasse sind die gewöhnlichsten, man nennt sie Wehre, zuweilen auch Schlachtklappen, folgendes sollen sie ausführlich behandelt werden.

Die Anlagen der ersten Klasse heissen Staudämme, bestehen gewöhnlich nur aus einfachen Erddämmen, die gegen das Durchsickern des Wassers gesichert sind. Eine ständige Befestigung bedürfen sie aber nicht, indem sie der Ueberströmung ausgesetzt sind. Ihre Construction bietet in der Regel nichts Eigenthümliches dar. Wenn sie dagegen mit noch dazu mit Vorrichtungen zum Ablassen des Wassers versehen sind, wie dieses etwa bei Schliessung tiefer Thäler der Fall ist, worin man das Wasser zur Speisung von Kanälen ansetzt, sind sie allerdings sehr wichtige Bauwerke, deren Beschreibung

legenheit der Schifffahrts-Kanäle gegeben werden soll. In artificatorischen Baukunst kommen ähnliche Anlagen, die sogenannten Batardeaux oder Bären häufig vor. Diese sind Canäle mit Vorrichtungen zum Ablassen des Wassers versehen, dienen zur Regulirung des Wasserstandes einzelner Bassins, zur Darstellung eines heftigen Stromes, sobald Anstalten zur Vertheidigung der Festung getroffen werden. Damit sie aber nicht dem Feinde Gelegenheit zum Uebergange bieten, werden sie massivem Mauerwerk mit scharfem Rücken ausgeführt und zudem durch einzelne aufgesetzte Thürme gesichert.

Die dritte Klasse endlich nennt man Grundwehre oder Wehre. Sie kommen sehr selten vor, und dienen theils den Wasserstand über flachen Stellen etwas zu heben, um der Schifffahrt eine Erleichterung zu verschaffen. Die Fahrt gewinnt dabei indessen gemeinhin nur wenig, wenn weitem Vorkehrungen getroffen sind, um die Schiffe über Grundwehr selbst zu bringen, das gleichfalls eine Untiefe und sich eine Stromschnelle bildet. Andertheils aber wendet man sich an, um das Durchflussprofil in einzelnen Armen zu verbessern, wie dieses z. B. im Bühricher Kanale bei Wesel geschehen ist. In diesem Falle sind sie aber nichts anders, als stehende Coupirungen. Sie bestehen gewöhnlich aus Steinungen oder Senkfaschinen.

Bei den Wehren ist die jedesmalige Höhe des Rückens etwa beliebig innerhalb der Grenzen des höchsten Oberwassers und kleinsten Unterwassers anzunehmen, sie muss jedoch mit grosser Sorgfalt so gewählt werden, dass der erforderliche Stau hervorgebracht wird, ohne die Cultur und Nutzung der Uferlande zu beeinträchtigen, oder vollends die daselbst gelegenen Ortschaften der Gefahr der Inundation auszusetzen. In §. 66 des Gesetzes der ungleichförmigen Bewegung des Wassers ist angegeben, und man kann unter Zugrundelegung derselben die Veränderung des Wasserstandes in der oberhalb des Wehrs liegenden Stromstrecke annähernd berechnen, sobald man die übrigen Daten kennt. Entspricht die Erhebung des Wasserstandes nicht den gestellten Bedingungen, so wird man eine andre Höhe des Wehres einführen müssen. Diese Untersuchung darf jedoch keineswegs auf einen einzigen Wasserstand, etwa auf den niedrigsten,

beschränkt bleiben, sie muss vielmehr so weit ausgedehnt werden, dass man den Einfluss des Wehrs unter allen Umständen beurtheilen kann.

Die Beschränkung des Flussprofiles durch das Wehr verursacht jedesmal eine, wenn vielleicht auch nur unmerkliche, Erhebung des Oberwassers. Am grössten ist diese Erhebung vor dem Wehre: und man nennt diese die Stauhöhe. Je mehr der gehobene Wasserspiegel immer mehr dem früheren, bis endlich beide zusammenfallen, je grösser die Entfernung des Wehres von diesem Punkte heisst die Stauweite. Es ergibt sich aber aus der obigen Rechnung, dass die Stauhöhe der letzteren sich nicht bestimmt ermitteln lässt, indem sie nur asymptotisch zusammenfallen. Für die Beurtheilung des Stauverhältnisses ist diese Unsicherheit nicht nachtheilig, da man jedesmal im Stande ist, zu berechnen, in welchem Abstände vom Wehre der Wasserspiegel etwa um 1 Fuss, oder um 12 Zoll, wenn man will, auch um noch kleinere Quantitäten gehoben wird. Unterhalb des Wehres veranlasst dasselbe keine Anhebung des Wasserstandes, wenn nicht vielleicht bedeutende Wassermengen seitwärts vorbeigeleitet, oder periodisch zur Anfüllung des obersten Bassins vor dem Wehre consumirt werden, nachdem der Wasserspiegel selbst tief gesenkt war. Eine Senkung des Niveaus unterhalb des Wehres, die man häufig vorausgesetzt, jedoch in den erwähnten Fällen noch nie wahrgenommen hat, ist durchaus unerklärlich. Wenn das Wasser steigt, wird ein grösserer Theil desselben, als früher, durch das Wehr zurückgehalten, diese Verzögerung dauert aber nur so lange, als das obere Bassin sich gefüllt hat, und die dazu erforderliche Zeit ist bei der nur allmählig eintretenden Vergrösserung der Wassermasse des Stromes in den meisten Fällen unmerklich klein. Bei einem stautem Zuflusse oder im Beharrungsstande führt aber die ganze Wassermasse unterhalb des Wehres wieder die ganze Wassermasse, die also eben so gross ist, als wenn das Wehr nicht wäre. Man könnte freilich vermuthen, dass die grössere Geschwindigkeit, welche das Wasser beim Herabstürzen vom Wehre annimmt, es schneller weiter führen und dadurch das Profil verkleinern und den Wasserspiegel senken müsste. Die erlangte Geschwindigkeit wird aber sogleich durch die innere Reibung des Wassers

und die mittlere Geschwindigkeit, in der Richtung des Laufes gemessen, entspricht nur dem daselbst stattfindenden, ist also wieder vom Wehre ganz unabhängig (vgl. §. 63). In untern Ende regelmässiger und wenig geneigter Gerinnen tritt zwischen den stehenden Wellen eine Senkung dieser Art ein. In der ganzen Breite des Flussbettes findet dieses wohl niemals statt, und um so weniger, als der Uebersturz Auskolkungen und Uferbrüche zu bilden pflegt, wodurch unregelmässige Bewegungen sich noch vergrössern.

Bei dieser Gelegenheit ist noch darauf aufmerksam zu machen, dass bei eintretenden Anschwellungen das Oberwasser viel höher steigt, als das Unterwasser, und conach die Niveau-Differenz zwischen beiden immer geringer wird. Dieselbe vermindert zuweilen auch ganz, wenn das Wehr hoch überfluthet ist, und man bemerkt alsdann nicht mehr eine Unterbrechung der Wasseroberfläche darüber. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass die Beschränkung des Profiles durch das Wehr relativ um so geringer wird, je mehr das Wasser anschwillt, und dass die Wirkungen dieser Beschränkung auch immer kleiner werden müssen. In gleicher Weise vermindern sich auch zur Zeit der Anschwellung alle sonstigen starken Gefälle, die bei kleinem Wasserstande im Strome vorkommen.

Wenn hiernach bei einer gewissen Höhe der Anschwellung der Einfluss des Wehres auch ganz verschwindet, so darf man keineswegs daraus folgern, dass die Wehre für die Abfuhr des Hochwassers ohne Nachtheil sein sollten. Jene Höhe, bei welcher die Wirkung aufhört, trifft gewöhnlich einen hohen Wasserstand, und wird häufig bei den allerhöchsten Wasserständen vorkommenden Fluthen gar nicht erreicht. Sollte dieses nicht der Fall sein, so bleibt noch immer die Anlage für die Ableitung der hohen Anschwellung sehr störend, und sie kann in Bezug auf die oberhalb belegenen Ortschaften und das Ufer höchst verderblich werden. Dazu kommt aber noch der Umstand, dass das Wehr das Flussbettes erhöht. Wenn es seine frühere Breite behält, und zwar eben sowohl zur Zeit der hohen, wie des höhern Wassers, so tritt in Folge der Stauung eine Vergrösserung des Profiles und eine Verminderung der Geschwindigkeit ein. Es bilden sich daher oberhalb des Wehres

starke Ablagerungen von Sand und Geschieben, und der Stau wird alsdann nicht nur durch das Wehr selbst, sondern auch durch diese Ablagerungen beschränkt. Er muss, um die zu abzuführende Wassermenge abzuführen, ein stärkeres Gefälle oberhalb des Wehres annehmen, wodurch der Stau weiter aufwärts noch vergrössert wird. Diese Aenderung der Verhältnisse ist oft im höchsten Grade gefährlich, und man muss daher, wo eine solche zu besorgen ist, die nöthigen Massregeln ergreifen, um ihr vorzubeugen. Bei dieser Gelegenheit muss ich aber noch bemerken, dass solche Ablagerungen sich oft sehr augenscheinlich zu erkennen geben. Die Längenprofile der Flüsse häufig zeigen, wie deren Sohle jedem Wehre stufenweise abfällt.

In einzelnen Fällen bemerkt man diese Erscheinung auch, und es wird daher zuweilen als Erfahrungssatz ausgesprochen, dass trotz der Anlage eines Wehres die vorhandene Tiefe der Sohle sich constant erhält. Dieses rührt indessen nur davon her, dass das Profil des Hochwassers durch die Nähe der hohen Ufer beschränkt ist, und sonach während der Dauer desselben auch eine starke Stömung oberhalb des Wehres stattfindet, wodurch die Ablagerung des Sandes verhindert wird. Wenn der Fluss grössere Geschiebe führt, bleibt dieses aber dennoch vor dem Wehr bestehen, weil es der grossen Geschwindigkeit unerschattet nicht abgeworfen werden kann. Häufig hat dieselbe Mühlenanlage, welche Veranlassung zum Bau des Wehres gab, auch die Behauptung des nächsten Ufer zur Folge, und indem die hier entstehenden Anlagen gegen das Hochwasser gesichert sind, so heben sich auch die Ufer selbst und zwar unmittelbar am Rande der Flussbetten zur wasserfreien Höhe. Dieses ist wohl allein der Grund, weshalb die Flussbetten innerhalb der Städte und Dörfer sich oft nicht rein zu halten pflegen, wenn sie auch unterhalb durch Wehre geschlossen sind. Der Nachtheil für die oberhalb gelegenen Uferdoreien scheint dadurch aber wenig gemässigt zu werden, in dem die starke Strömung in der Flussbette zur Zeit des Hochwassers wieder nur in Folge eines stärkeren Gefälles sich bilden kann.

Man begegnet der erwähnten nachtheiligen Erhöhung der Flussbette und mässigt oder hebt vielleicht auch ganz den Stau auf, den das Wehr zur Zeit der höhern Wasserstände verursacht, wenn eine Vorkehrung zum Ablassen des Hochwassers

offen wird, wodurch man eine freie Oeffnung bis zur Sohle Flussbettes darstellen kann. Zur Zeit des kleinen Wassers freilich dieser Abfluss nicht stattfinden, weil sonst die Wirkung Wehres aufgehoben würde. Man muss daher zugleich dafür sorgen, dass die Oeffnung willkürlich geschlossen werden kann.

Die allgemeinste Benennung für solche Anlagen, wodurch das Wasser abgelassen werden kann, ist wohl Schleuse; bei heissen sie gewöhnlich Freiarchen. Grundablass nennt man sie aber, wenn die Oeffnungen bis zur Sohle des flachen Flussbettes herabreichen.

Man findet viele ältere Wehre ohne Grundablass, und sogar Freiarche. Letztere sind auch entbehrlich, wenn der Stau unschädlich ist. In cultivirten Gegenden ist dieses aber wohl der Fall, und man muss daher jedes Wehr ohne Grundablass eine verschlehte Anlage betrachten. Man ist deshalb häufig beim Bau alter Wehre veranlasst, sie mit einem Grundablass zu versehen; besonders ist dieses nöthig, wenn ein Wehr erhöht oder verstärkt wird, dass der früher regelmässig eintretende Durchfluss desselben aufhört. So oft nämlich ein schwaches Wehr ist, so räumt das Flussbette sich wieder auf, und sonach eben, so lange diese sich wiederholt, die Anstauungen weniger merklich: aber die Verhältnisse ändern sich, wenn das Wehr befestigt wird, dass es dem Angriffe des Stromes und Eises widersteht.

Welche Weite eine Freiarche erhalten muss, ergeben dieselben Berechnungen, wonach man die Stauhöhe vor dem Wehre berechnet. Zwischen beiden Arten von Anlagen findet eine grosse Uebereinstimmung der Anordnung und selbst der Construction statt, wohl ihre Zwecke eigentlich ganz entgegengesetzt sind. Häufig sogar beide Anlagen in einer einzigen vereinigt, indem das Wehr aus einem ziemlich tief liegenden festen Theile besteht, und bei kleinem Wasser, wenn der Stau eintreten soll, dasselbe durch aufgesetzte lose Theile erhöht. In Frankreich und im südlichen Deutschland kommen Anlagen dieser Art häufig vor: man nennt sie bewegliche Wehre, auch wohl Durchlasswehre, wenn sie zu fortflüthatorischen Inundationen dienen, Schleusen. Da die Breite und Höhenlage des Rückens sowohl im Wehre, als auch in der Freiarche von wesentlichem Einflusse auf die

Abführung des Wassers und die Stauhöhe sind, so ist es dem Besitzer solcher Anlagen nicht gestattet, hieran willkürliche Aenderungen vorzunehmen. Es findet daher eine polizeiliche Aufsicht darüber statt und die benannten Bauwerke müssen so construirt werden, dass gerade diese Theile möglichst dauerhaft sind und jede dabei vorgenommene Aenderung sich leicht zu erkennen giebt. Derjenige Wasserstand, wobei die Freiarche geöffniet werden soll, wird aber durch einen Merkpfehl oder Pegel bezeichnet; auf diesen erstreckt sich gleichfalls die polizeiliche Contrah.

§. 85.

Massive Wehre.

Die Construction und selbst die Dimensionen eines Wehres sind zum Theil durch die Wahl des Materials bedingt; beim Bau muss man darauf Rücksicht nehmen, dass die schwierigsten und kostbarsten Theile des Werkes nicht sobald durch den Wechsel von Trockenheit und Nässe leiden dürfen, ausserdem ist es hierbei noch gezwungen, dem Wehre sowohl im Grundriss, als auch im Profile geradlinige Figuren zu geben, weil die Krümmungen sich im Holz nicht leicht darstellen lassen. Weit freier Wahl hat man bei Anwendung des Massivbaues, und indem wir diesem hier die Rede sein soll, so entsteht zunächst die Frage, welche Richtung und welches Quer-Profil für ein Wehr am geeignetesten sind.

Wenn man allein die Anlagekosten in Betracht zieht, so ist es bei gleichmässiger Tiefe des Flussbettes ohne Zweifel am gemessensten, das Wehr in gerader Linie und zwar normal gegen die Richtung der Ufer zu legen. Es wird in dieser Beziehung sogar vortheilhaft erscheinen, die engste Stelle des Flusses auszusuchen. Die Verengung eines an sich schon engen Flusses ist aber für die Abführung des höhern Wassers sehr bedenklich, denn bei gleicher Höhe des Wehrrückens wird bei jeder Ueberströmung die abfliessende Wassermenge der Länge des Wehres proportional sein, und der Stau, den man zur Zeit des Hochwassers gewöhnlich möglichst vermindern muss, wird grösser, das Wehr kürzer ist. Hiernach ist es ziemlich allgemein bei neuen Wehranlagen eine Stelle des Flusses zu wählen,

gar zu enge ist. Eine andre Rücksicht, die hierbei gleich-
mässig wesentlich ist, betrifft die Höhe der Ufer; dieselbe muss
etwas grösser sein, als die des Wehres, weil sonst das Wehr
überflutet und der Zweck desselben verfehlt würde. Es ist sogar
vortheilhaft, wenn die Ufer zur Seite, wenn auch nicht wasser-
seitig doch wenigstens um einige Fuss über das Wehr heben,
nur in diesem Falle die stärkste Strömung im Flussbette
entsteht, und die Ufer zur Seite dadurch vor Ausrissen und Ueber-
flutung mit Sand und Kies gesichert werden.

Die Richtung des Wehres muss so gewählt sein, dass
es wie bei Coupirungen das überstürzende Wasser nicht die
Seiten treffen und dieselben in besonders starken Angriff versetzen

Besonders nachtheilig ist es daher, wenn das Wehr sich
auf eine stark declinante Bahne an das Ufer anschliesst, denn
in diesem Falle wird das Ufer, wenn es nicht etwa aus Felsen
besteht, stark angegriffen. Selbst wenn es normal gegen die Axe
des Flusses gerichtet ist, können die erwähnten Abbrüche noch
sehr bedeutend sein. Am vortheilhaftesten erscheint es daher
dem Wehre eine kreisförmige und zwar stromaufwärts ge-
richtete Form zu geben, wie Fig. 157 dieselbe für die Coupirung zeigt.
Die älteren Wehre, und namentlich wenn sie aus blossen
Mauerwerk bestehen, sind gewöhnlich schräge gegen den
Strom gerichtet, und ziehen sich häufig in grosser Länge abwärts,
bis sie das andre Ufer erreichen. Namentlich wiederholt sich
dies bei den Wehren auf der Ruhr. Fig. 164 zeigt die Situation
eines derselben. Es zog sich in früherer Zeit ohne Unter-
brechung von A bis C abwärts. Die Oeffnung darin bei B ist
später behufs der Darstellung des Schiffahrts-Kanales an-
gebracht. Indem aber wegen der vielfachen Kiesablagerungen an
dieser Stelle, wozu das Wehr selbst gewiss wesentlich beigetragen
hat, unterhalb der Schleuse wieder die nöthige Fahrtiefe fehlte,
so wurde noch eine zweite Oeffnung bei D angebracht, wodurch dem
Kanaale der Schleuse Wasser zugeführt wird. Die starken
Veränderungen in dem vom überstürzenden Strome getroffenen Ufer
sowie die aus der grossen Verbreitung wieder hervorgehenden Ver-
änderungen des Bettes geben sich hier besonders deutlich zu er-
kennen. Man bemerkt aber fast bei jedem ähnlich situirten Wehre
in der Mitte desselben eine oft sehr hohe und mit natürlichem

Weiden-Aufschlage bedeckte Kiesablagerung, die bei kleinerer trocken ist, und selbst beim Hochwasser eine Sperrung des Stromes veranlasst, die ihre weitere Erhöhung fortdauernd

Bei der Anlage solcher Wehre scheint die weit angelegte Länge derselben weniger das Resultat der Ueberlegung als Zufalls gewesen zu sein. Die Untiefen und Kiesbänke des Stromes pflegen nämlich fast immer eine ähnliche Form zu nehmen, und indem man dieselben durch eine Steinachse mehr erhöhte, wurde der Bau am wohlfeilsten. Wie natürlich eine solche Anordnung heutiges Tages auch sein muss, so hat man dennoch versucht, dieselbe dadurch zu verfeinern, dass bei der grossen Länge des Wehres, die normale Breite des Flusses vielfach übertrifft, auch die überstürzenden Wasserschicht oder der Stau merklich höher sein müsse, als wenn das Wehr in der jetzt üblichen Länge gegen den Strom gezogen wäre. Diese Ansicht ist indessen nicht richtig, denn so lange das Wehr überhaupt noch einen Stau erzeugt, also nicht in grosser Höhe überströmt, bildet sich sowohl oberhalb, als unterhalb des Wehres, in den Strecken, die durch dasselbe begrenzt werden, ein Gefälle, das abgesehen von dem Einflusse der Kiesfelder wegen der geringern Breite beider Arme grösser sein wird, als es im ungetheilten Strome wäre. Sonach ist an jeder Stelle des Wehres die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser geringer, als sie bei normaler Richtung des Flusses sein würde, und hieraus folgt, dass über jeden Theil der Wehr von bestimmter Länge weniger Wasser abfliesst, als wenn die ganze Gefälle concentrirt wäre. Im Allgemeinen lässt sich dies gleich nicht durch die Rechnung verfolgen, da die lokalen Verhältnisse zu grossen Einfluss darauf haben. Für einzelne Fälle ist jedoch die Untersuchung angestellt, und immer gefunden worden, dass auch für die Abführung des Hochwassers vortheilhafter sei, wenn die Wehre normal gegen den Strom gerichtet wären.

Zuweilen sind solche schräg gerichtete Wehre aus Fischwehren entstanden, und ziehen sich alsdann von beiden Ufern aus schwach convergirend in zwei Armen abwärts, zwischen welchen am untern Ende eine schmale Oeffnung vorhanden ist, worin die Fischnetze ausgespannt wurden. Wenn es die

einen Strom schiffbar zu machen, wo dergleichen Anlagen kommen, so bilden sie gemeinhin die grössten Hindernisse, die man überhaupt stösst, und abgesehen von den Schwierigkeiten, welche das Hernusbrechen derselben und die Entfernung Vertiefen macht, zu deren Entstehen sie Veranlassung gegeben haben, so pflegen auch die Entschädigungs-Forderungen wegen des Verlustes der Fischerei gewöhnlich sehr hoch gestellt zu werden. In manchen Fällen hat man durch Schliessung der Oeffnung solche Fischwehre in geschlossene Wehre verändert, wovon Fig. 163 ein Beispiel zeigt, das gleichfalls auf der Ruhr sich vorfindet.

Endlich ist in Betreff der Richtung der Wehre noch darauf aufmerksam zu machen, dass sie in einem schiffbaren Strome neben dem Fahrwasser liegen, oder wenn dieses der Fall ist, sie wenigstens den Schiffsweg nicht vom Leinpfade trennen dürfen. Sobald nämlich das Wasser stark über das Wehr steht, bildet sich im Oberwasser ein heftiger Strom nach dem Wehre hin und die Schiffe, die alsdann fahren, werden durch diesen gleichfalls angezogen. Dieser Gefahr kann nur dadurch obgesehen werden, dass die Schiffe bei der Thalfahrt an einem festen Tau vom Ufer aus über die Stelle fortgeführt werden, wo sie diesem Strome ausgesetzt sind. Erfasst sie aber der Strom, so sind sie gemeinhin verloren. Besonders gefährlich ist in dieser Beziehung das Fig. 164 dargestellte Wehr. Der Schiffahrts-Kanal durchschneidet nämlich das Wehr fast in der Mitte des Stromes. Bei höherem Wasser kann man die Mündung des Kanales nur gewinnen, indem man das Schiff auf der Grenze zwischen beiden seitwärts gekehrten Strömungen hindurchsteuert. Eine geringe Abweichung nach einer oder der andern Seite führt in einen so heftigen Strom, dass man durch Rudern oder Absetzen gegen den Grund nicht mehr das Fahrzeug aufhalten und zurückbringen kann. Die grössern Schiffe werden an einem Tau vom festen Ufer aus herabgelassen, wobei sie bis zur Kanalmündung verschleppen müssen.

Die Profile der Wehre zerfallen in zwei Hauptklassen, je nachdem der Wassersturz entweder noch auf den hintern Theil des Wehres trifft, oder die Strömung möglichst regelmässig darüber geführt wird, um jeden unmittelbaren Angriff gegen das

Bauwerk selbst zu verhindern. Gewöhnlich wählt man die Anordnung. Nichts desto weniger fehlt es auch in diesen nicht an starken Beschädigungen. Das Wasser wird frey einer regelmässigen Strömung über das Wehr geführt, und es dasselbe nirgend scharf trifft, so ist dieses auch keinem Angriffe ausgesetzt. Die Geschwindigkeit aber, die das Wasser beim Sturze annimmt, und welche unter diesen Umständen sehr nahe der Fallhöhe entsprechen mag, wird in einer regelmässigen Leitung nicht merklich vermindert. Der Strom also, sobald er das Wehr verlässt, mit einer übermässigen Geschwindigkeit in das unbefestigte, natürliche Flussbette. So verändert sich hier plötzlich, indem es viel grösser wird, fehlt hier dasjenige Gefälle, welches zur weiteren Beibehaltung derselben Geschwindigkeit erforderlich ist. Es sammelt sich hier eine grosse Wassermenge an, welche durch den heftigen Strom getroffen, theilweise ihm folgt, theilweise, in leeren Raum auszufüllen, zur Seite oder unter und zuweilen über jenem Strome fort nach dem Wehre zurückfliesst, und durch mit der grössten Heftigkeit jene innern Bewegungen bildet, welche zu Uferbrüchen und Auskolkungen Anlass geben. Indem diese aber unmittelbar hinter dem Wehre eintreten, so kommt Letzteres gleichfalls leicht in Gefahr, es nicht besonders tief fundirt ist. In den meisten Fällen muss man sich gezwungen, die entstehenden tiefen Kolke mit Senkfaschinen oder dergleichen auszufüllen, und sonach That das Bauwerk so weit zu verlängern, dass es diejenige Länge umfasst, an welcher die erlangte grosse Geschwindigkeit des Wassers zerstört wird.

Hiernach erscheint es zweckmässiger, die andre Methode wählen, und schon bei der Erbauung des Wehres darauf Rücksicht zu nehmen, dass das Wasser dem unbefestigten Strom unterhalb des Wehrs sanft zugeführt wird. Man braucht den Abschussboden nicht so weit auszudehnen, indem die Stellung einer recht flachen Neigung nicht mehr nöthig ist, der Abfallboden recht steil oder, wie es oft geschieht, senkrecht angelegt wird, so zerstört sich die lebendige Kraft des herabstürzenden Wassers schon beim Aufstossen an den Sturzboden. Dieser muss daher besonders fest construiert

entweder wasserdicht sein, damit der Druck des Wassers nicht durch einzelne Fugen auf den losen Untergrund fortgehen kann, oder er muss eine solche Dicke haben, dass der Widerstand, in welchem diese Uebertragung des Druckes stattfinden muss, schon zu lang ist, als dass eine nachtheilige Wirkung auf das Flussbette darunter noch zu besorgen wäre. Rohe Steinmauern pflegen in diesem Falle anfangs schnell zu versinken, der Vertiefung gar nicht Einhalt zu thun; aber wenn man neue Steine aufwirft, so nehmen die zerstörenden Wirkungen doch bald ab, und hören endlich ganz auf.

Fig. 166 zeigt ein Wehr mit senkrechtem Abfalle, das auf Felsen gegründet ist, woher eine besondere Sicherung gegen die Wirkungen des Wassersturzes dabei entbehrt werden konnte. Eine Eigenthümlichkeit zeigt sich noch bei diesem Wehre, die man häufig findet. Dieselbe besteht darin, dass der Rücken des Wehrrückens nicht horizontal geführt ist, sondern stromabwärts ansteigt. Der Grund dieser Anordnung ist wohl vorzugsweise darin zu suchen, dass man den stromaufwärts gekehrten Rücken des Wehrrückens dem Stosse des darüber treibenden Eises ausweichen und vor demselben sicher stellen will. Vortheilhaft ist es immer sein, die obere Kante gleichfalls abzurunden, welches nach der Zeichnung an der untern geschehen ist. Oft sind beide Kanten ganz scharf bearbeitet, in welchem Falle die nach abwärts gekehrte im Profile einen spitzen Winkel bildet und vorzugsweise sehr leicht abgestossen und beschädigt wird. Falls es aber nothwendig, recht feste und grosse Steine zur Verankerung der Krone zu wählen. Vor dem Wehre bemerkt man noch eine Kiesablagerung, die sich vor solchen senkrecht geführten Wehren immer zu zeigen pflegt, und die sehr steil ist, wenn das Fluthprofil der nächst oberhalb belegenen Strecke eine beschränkte Grösse hat. Entgegengesetzten Falls lagert diese Kiesmasse ganz flach, oder bildet eine vollständige Verdeckung des Flussbettes, wovon oben die Rede war.

Will man das Wehr dagegen in der Art anordnen, dass das Wasser ohne plötzlichen Sturz und unter Beibehaltung der hohen Geschwindigkeit recht regelmässig herübergeführt wird, so wählt man die in Fig. 167 dargestellte Construction zu wählen. Die Linie bezeichnet die Höhenlage des Flussbettes und diese Linie

muss zugleich Tangente an die Curve sein, wodurch das Wehres begrenzt wird, weil nur in diesem Falle jede Unterbrechung in der Richtung des Wassers vermieden. A sei die Höhe des Wehrrückens, welche man, wie oben gegeben, mit Rücksicht auf die Fluthverhältnisse und andre Umstände vorher ermittelt haben muss.

Zunächst kommt es darauf an, denjenigen kleinsten Krümmungshalbmesser für den Wehrrücken zu bestimmen, wozu das Abstoßen oder Ausheben der einzelnen Steine nicht mehr werden darf. Man wählt aber den kleinsten Durchmesser in dieser Beziehung als genügend erscheinend, weil er der ersten Mauermasse und sonach den mindesten Anlagekosten das ganze Werk entspricht. Gesezt AC wäre dieser noch zulässige Halbmesser, so wird damit der Bogen DA beschrieben.

Um den Krümmungshalbmesser für den untern Theil des Profils zu bestimmen, pflegt man eine gewisse mittlere Neigung für den ganzen Abschussboden, also für die Sehne AF annehmen. In der Figur entspricht diese Neigung der vierten Anlage, oder $BF = 4. AB$. Hiernach bestimmt sich der Punkt F , und man kann die Hülfslinie AF ziehen. Im Punkte P wo sie den erst erwähnten Bogen schneidet, befindet sich das Ende desselben und hier beginnt der zweite Bogen. Da dieser in seinem Anfangspunkte mit dem vorhergehenden eine gemeinschaftliche Tangente haben, und am Endpunkte in die Horizontale übergehen soll, so darf man nur in dem letzten Punkte eine Senkrechte FH errichten und den Radius CG verlängern, so dass er in H diese Senkrechte schneidet, so ist H der gesuchte Mittelpunkt des zweiten Bogens. Diese Construction gewährt wenig Genauigkeit, weil die Punkte C und G sehr nahe neben einander liegen und selbst die Lage des Punktes G wegen der geringen Convergenz des Bogens gegen die Sehne sich nicht hinreichender Schärfe darstellt. Man findet viel sicherer die Punkte H und G , wenn man den Winkel ACH construirt, indem man ihn doppelt so gross als AFB macht. Alsdann ist der Winkel bei C dem bei H gleich und die beiden Dreiecke GHF und ACH sind nicht nur ähnlich, sondern auch gleichschenkelig, wodurch die Bedingungen der Aufgabe erfüllt werden.

Vas den Verboden *ED* betrifft, so wählt man für denselben ge Neigung, welche mit Rücksicht auf die Solidität des werkes am angemessensten erscheint, und construiert ihn in t, dass er sich tangential an den ersten Kreis anschliesst. bestimmt diese Neigung gemeinhin so, dass man die Höhe ppelten bis vierfachen Länge der horizontalen Projection macht.

urch das angegebene Verfahren wird freilich ein Profil dar- t, welches von allen scharfen Ecken frei ist, die plötzlichen gänge aus der einen Kreislinie in die andre und wieder r untern Kreislinie in das als eben und beinahe horizontal te Flussbette unterbrechen jedoch sehr auffallend die Gleich- keit der Linie. Dieser Mangel ist um so geringfügiger, ch den obigen Auseinandersetzungen es sogar vortheilhafter nt, die regelmässige Bewegung des Wassers auf dem Wehre zu unterbrechen und sogar einen künstlichen Stoss oder laselbst zu bilden. — Wenn man sich indessen, wie es geschieht, die Aufgabe in dem entgegengesetzten Sinn stellt, st sie sich viel vollständiger, als nach der angegebenen action lösen. Ich theile diese Auflösung hier mit, weil e Rechnungen auch bei andrer Gelegenheit in der Praxis nmeisters zuweilen vorkommen.

an sucht die Gleichung für eine Curve, wonach das Profil ehres den gestellten Bedingungen vollständig entspricht. he des Wehrrückens sei gleich a , die Länge des Wehres am Scheitel des Rückens bis zum Ende des Abstuss- gleich b , und der Krümmungshalbmesser im Scheitel c . iehe durch den Scheitel A (Fig. 170 Taf. XLIV) die Ho- le AE und zähle auf derselben die Abscissen x , während dinaten y lothrecht abwärts gerichtet sind.

ie Bedingungen sind:

für $x=0$ ist $y=0$

für $x=b$ ist $y=a$

für $x=0$ ist die Curve horizontal gerichtet,

ben so für $x=b$

für $x=0$ ist der Krümmungshalbmesser $=c$

für $x=b$ ist derselbe unendlich gross.

in diesen sechs Bedingungen zu genügen, muss man sechs

Constanten einführen, wenn daher die Gleichung aus (1) gebildet wird, welche die Potenzen von x zu Coefficienten hat, so wird man eine Gleichung des fünften Grades erhalten. Im vorliegenden Falle kann man dieselbe aber auf den vierten reduciren, wenn man vorläufig die sechste Bedingung auflöst. Es wird sich später zeigen, wie dieselbe dennoch erfüllt werden kann.

Man erhält sonach

$$y = p + qx + rx^2 + sx^3 + tx^4$$

wo p, q, r, s und t die noch unbekannten Constanten sind. Die Bedingungs-Gleichungen sind nach der Reihenfolge stehenden fünf ersten Bedingungen:

$$1) 0 = p$$

$$2) a = p + qb + rb^2 + sb^3 + tb^4$$

Ferner weil

$$\frac{dy}{dx} = q + 2rx + 3sx^2 + 4tx^3$$

$$3) 0 = q$$

$$4) 0 = q + 2rb + 3sb^2 + 4tb^3$$

Endlich weil

$$\gamma = \frac{(dx^2 + dy^2)^{\frac{1}{2}}}{dx \cdot d^2y}$$

$$\text{und } \frac{d^2y}{dx^2} = 2r + 6sx + 12tx^2$$

$$5) c = \frac{1}{2r}$$

c ist positiv, weil für $x=0$ auch $\frac{d^2y}{dx^2}$

Richtung von y fällt, also positiv ist.

Durch Verbindung dieser fünf Gleichungen findet man die Constanten

$$p = 0$$

$$q = 0$$

$$r = \frac{1}{2c}$$

$$s = \frac{4ac - b^2}{cb^3}$$

$$t = \frac{b^2 - 6ac}{2cb^4}$$

Nachdem es gleichgültig ist, in welcher Einheit man die Längen
so setze man zur Vereinfachung der Rechnung

$$b = 1$$

Alsdann muss die Höhe des Wehres und der Krümmungsmesser oder a und c gleichfalls durch die Länge des Wehres durch b ausgedrückt werden.

Man erhält hierdurch

$$s = \frac{4ac - 1}{c}$$

$$t = \frac{1 - 6ac}{2c}$$

Die gesuchte Gleichung der Curve ist also

$$y = \frac{1}{2c} x^3 - \frac{1 - 4ac}{c} x^2 + \frac{1 - 6ac}{2c} x^4$$

Wenn c ziemlich klein angenommen wird, so findet man bei Rechnung dieser Curve, dass sie zwar den zum Grunde gegebenen fünf Bedingungen vollständig entspricht, aber dennoch nicht brauchbar ist, weil sie zwischen B und D schon unter die BD herabfällt, alsdann aber wieder sich so hebt, dass sie D in dieser Linie liegt und von derselben tangirt wird. Die Wendepunkte in der Curve, d. h. diejenigen Punkte, in welchen die Linie aus einer Krümmung in die entgegengesetzte übergeht, erhält man, wenn man

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0$$

Im vorliegenden Falle erhält man durch eine Gleichung zweiten Grades: es giebt also hier zwei Wendepunkte, und beiden zugehörigen x sind, wenn c klein ist, kleiner als Eins als b . Es ist daher nöthig zu untersuchen, wie gross c seyn muss, damit nur ein Wendepunkt zwischen B und D liegt, oder damit y für $x = 1$ ein Maximum wird, d. h. der übrige zweite Differenzial-Quotient negativ ist.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{c} - 6 \cdot \frac{1 - 4ac}{c} x + 6 \cdot \frac{1 - 6ac}{c} x^2$$

Wenn $c = 1$ verwandelt sich die Gleichung in

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{c} - 12a$$

Angen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

$\frac{1}{c}$ darf also nicht grösser, als $12a$ sein, und der noch zulässige Werth für c ist

$$c = \frac{1}{12a}$$

Nimmt man diesen Werth an, und substituirt ihn in den stehenden Ausdruck des zweiten Differenzial-Quotienten, so erhält man die zu beiden Wendepunkten gehörigen Abscissen

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 12a(1 - 4x + 3x^2)$$

$$0 = 1 - 4x + 3x^2$$

oder

$$x^2 - \frac{4}{3}x = -\frac{1}{3}$$

und hieraus

$$x = \frac{2}{3} \pm \sqrt{\frac{1}{9}}$$

die beiden Werthe von x sind also $\frac{1}{3}$ und 1 .

Indem ein Wendepunkt hiernach in D liegt, also der Krümmungshalbmesser daselbst unendlich gross ist, so wird die sechste oben aufgestellte Bedingung erfüllt, sobald man den Krümmungshalbmesser auf das zulässige Minimum reducirt. Giebt man freilich die fünfte Bedingung auf, dass nach der Krümmungshalbmesser eine vorher bestimmte Grösse habe, so kommt indessen hierauf wenig an, da diese vorherige Bestimmung immer sehr willkürlich bleibt. Will man indessen beibehalten und zugleich die Curve so legen, dass sie in D einen Wendepunkt hat, so muss man die Gleichung fünften Grades zum Grunde legen, wodurch die Rechnung complicirter wird.

Ich will ein Zahlenbeispiel für die angegebene Methode fügen. Es sei in gleicher Weise, wie Fig. 167 angenommen

$$a = \frac{1}{4} b$$

dann findet man

$$c = \frac{1}{12a} = \frac{1}{3b}$$

$$b = 1$$

$$a = \frac{1}{4}$$

$$c = \frac{1}{3}$$

Equation der Curve ist alsdann

$$y = 1.5 \cdot x^2 - 2 \cdot x^3 + 0.75 \cdot x^4$$

ergeben sich die Ordinaten

$$\text{für } x = 0,0 \text{ ist } y = 0,0000$$

$$= 0,1 \quad - \quad = 0,0131$$

$$= 0,2 \quad - \quad = 0,0452$$

$$= 0,3 \quad - \quad = 0,0871$$

$$= 0,4 \quad - \quad = 0,1312$$

$$= 0,5 \quad - \quad = 0,1719$$

$$= 0,6 \quad - \quad = 0,2052$$

$$= 0,7 \quad - \quad = 0,2291$$

$$= 0,8 \quad - \quad = 0,2432$$

$$= 0,9 \quad - \quad = 0,2491$$

$$= 1,0 \quad - \quad = 0,2500$$

erste Wendepunkt liegt bei $x = \frac{1}{3}$, das zugehörige y ist

0,1019 und das zugehörige $\frac{dy}{dx}$ gleich $\frac{4}{9}$. Die Tangente ist

selbst $25^\circ 27' 54''$ gegen den Horizont geneigt, und dieses die stärkste Neigung im ganzen Profile. Fig. 171 stellt die P und T bezeichnet ihren Wendepunkt.

die Abführung des Wassers dürfte es ein ziemlich gleich-
Unstand sein, ob das Profil aus einer einzigen Curve
oder aus mehreren verschiedenen Linien zusammengesetzt,
in den Berührungspunkten dieselben Tangenten haben.
Man sieht indessen sehr leicht auch die Gleichungen für andre
finden, welche die sonstigen Bedingungen erfüllen, und
die Methode zur Darstellung derselben wäre diese, dass
gewisse Werthe von x die gewünschten y einführt, wo-
bei wieder jede beliebige Bedingung wenigstens näher-
hin erfüllen lässt. Man bildet alsdann eine Gleichung,
in welche viele unbekannte Constanten erhält, als Punkte zum

Grunde gelegt werden. Dieses Verfahren ist eigentlich anders, als das der Interpolation.

In vielen Fällen giebt man den massiven Wehren ein Profil, wobei die an den Wendepunkt gelegte Tangente sehr geneigt ist und sich zuweilen sogar der senkrechten nähert. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass der Sturz sich schon auf dem Wehre selbst bildet und sonach die Wirkung des Ueberschusses an lebendiger Kraft für die festigte Flussbette weniger zerstörend ist.

Ein Beispiel hiervon zeigt Fig. 168 auf Taf. XI. III. ist zugleich eine andre eigenthümliche Anordnung des Abbodens gewählt, welche man mehrfach zur Ausführung hat. Diese besteht darin, dass der Boden sich bis zur natürlichen Flussbette senkt und entweder selbst wieder oder wie hier gezeichnet, in eine Steinschüttung ausgeht, in einem stromaufwärts gekehrten Gefälle sich bis zum Bette. Es ist angenommen, dass dieses Wehr auf einem festen Fundament erbaut ist, der keine künstliche Fundirung erfordert. Das Wehrwerk ist nur oberhalb und unterhalb mit einer Spundwand gefasst. Diese Spundwände könnten unter ungünstigen Verhältnissen auch zur Einschliessung einer Betonschüttung dienen. Es ist noch auf die Bekleidung des Wehres mit den gewöhnlichen Steinschichten aufmerksam zu machen. Diese Wände müssen recht hoch sein, besonders wo sie am stärksten den Stosse des Wassers und Eises getroffen werden, weil leicht geschehen könnte, dass sie herausgerissen würden. In vielen Fällen pflegt man sie in dieser Hinsicht noch durch Klammern zu verbinden, es ist jedoch vortheilhafter, durch größere Dimensionen und sorgfältige Arbeit eine solche Verbindung, die oft selbst Veranlassung zur Zerstörung entbehrlieh zu machen. Dass die Steine aber an sich hart sein müssen, bedarf kaum der Erwähnung.

Fig. 169 zeigt das Wehr, welches Telford bei Salween auf dem Weaver behufs der Verbesserung der Schifffahrt erbaut. Dasselbe hat gleichfalls ein solches Profil erhalten, dass bei dem stärksten Wassersturzes schon das Wehr selbst die Anbringung der beiden Pfahlreihen am obern und unter dem Wehre, welches im mittleren Theile auf keinem Pfahl

kann nicht als zweckmässig angesehen werden, weil ein sichformiges Setzen dabei zu besorgen ist. Der Rücken, der grossen Hausteinen besteht, ist sehr solide construiert, und die gewählte Anordnung der Steinschichten, so wie des Fugenlaufes, verdient ohne Zweifel bei niedrigen Wehren Nachahmung. Das Wehr ist bei einer Länge von etwa 120 Fuss bogenförmig geführt, so dass das überstürzende Wasser nach der Mitte Flussbettes gewiesen wird. Die Entfernung der beiden in Figur angegebenen Pfahlreihen beträgt 22 Fuss. An der einen Seite schliesst sich an dieses Wehr eine massive Freileitung an, welche vier Durchlassöffnungen von 4 Fuss Weite hat. Bei Gelegenheit der massiven Wehre müssen auch diejenigen erwähnt werden, welche aus rohen Steinschüttungen bestehen. Man findet sie nicht selten in Gebirgsgegenden, wo grobes Baumaterial in der Nähe und wohl gar im Flussbette selbst kommt. Die Wehre an der Ruhr gehören hierher. Sie verdienen wegen wohl keine Nachahmung, da sie theils nicht dicht sind, viel Wasser durchlassen, theils aber auch sehr bedeutenden häufig wiederkehrenden Beschädigungen ausgesetzt sind. Das überstürzende Wasser bringt nämlich leicht einzelne Steine auf den Rücken in Bewegung, und sobald hier einige Unregelmässigkeiten entstehen, und die Strömung sich an einer Stelle concentrirt, ist die Veranlassung zu einer noch stärkern Beschädigung gegeben, sogar zum vollständigen Durchbruch des Rückens gegeben, häufig in kurzer Zeit eintritt.

Die Sicherheit eines solchen Wehres beruht vorzugsweise auf der recht flachen Dossirung des stromabwärts gekehrten Theiles des Abhangesbodens, weil hierdurch das Abrollen der Steine vom Rücken noch am meisten verhindert wird. Eine vierfache Anlage dieser Fläche ist daher wohl die steilste Neigung, die man wählen darf. Demnächst würde das Wehr auch noch durch eine Verstärkung erhalten, wenn man den Rücken und Abhangsboden mit grossen Steinen sorgfältig abpflasterte. Man darf indessen den wesentlichen Unterschied zwischen einem Wehrbau und einer Steinbuhne nicht übersehen. Während die Wehre dazu dient, neben sich ein tiefes und regelmässiges Strombett und vor und hinter sich Verlandung zu erzeugen, wodurch dem Angriffe des Stromes immer mehr entzogen wird, je mehr

sie ihren Zweck erfüllt; so bleibt das Wehr fortdauernd den starken Uebersturz und Angriffe ausgesetzt, ja derselbe verstärkt sich noch, wenn, wie häufig geschieht, tiefe Kolke unterhalb entstehen. Die Möglichkeit eines Durchbruches bleibt also beständig und die Reparatur wird um so schwieriger, wenn die Abpflasterung wieder hergestellt werden muss.

Es ist bisher nur von denjenigen Theilen des Wehres die Rede gewesen, welche den Stau verursachen und vom Wehre überströmt werden, also von dem Rücken und dem Vor- und Abschussboden. Jedes Wehr muss ausserdem aber noch Seiteneinfassungen gegen die Ufer erhalten, damit diese bei den verstärkten Ströme nicht leiden, wodurch leicht eine Seitenriss entstehen, und das Wehr umströmt werden könnte. Diese Vorsicht ist aber noch besonders deshalb nothwendig, weil der Rücken des Wehres jedesmal tiefer, als die nebenliegenden Ufer gehalten wird, damit der Hauptstrom immer über das erstere fortgeht.

Die Seiteneinfassungen bestehen bei gemauerten mauerne Wehren aus gewöhnlichen Futtermauern, die bis zur Uferhöhe heraufgeführt sind. Man giebt ihnen zuweilen eine schwache Neigung in der stromwärts gekehrten Fläche; auch geschieht nicht selten, dass sie neben dem Wehrrücken lothrecht stromauf- und abwärts aber immer stärker geneigt sind, so dass sie an dem Ende des Vorbodens wie des Abschussbodens schon fast flach liegen, dass ein Perré angeschlossen werden kann, welches bald in die Dossirung des unbefestigten Ufers übergeht. Wenn diese Anordnung nicht gewählt ist, und die Mauern darüber lothrecht, oder beinahe lothrecht aufgeführt sind, so müssen zur Bildung eines Anschlusses an das unbefestigte Flussufer, an obern wie am untern Ende Flügelmauern angebracht werden, die in die Ufer treten. Damit bei dieser Anordnung jedoch keine scharf vortretenden Ecken entstehen, welche das Profil des Flusses plötzlich verengen würden, so dürfen die Seitenmauern nicht mit in gerader Linie neben dem Wehre hinauf, sondern müssen von dem Wehrrücken ab sowohl auf-, als abwärts sanft in das Ufer zurücktreten (Fig. 176 a auf Taf. XLIV. zeigt diese Anordnung bei einem hölzernen Wehre). Es entsteht dadurch allerdings der Nachtheil, dass an der Stelle, wo der Wehrrücken liegt, das Profil nicht nur in der Tiefe, sondern auch in der

So am stärksten beschränkt ist; dieser Uebelstand ist aber zu umgehen, wenn man neben dem Wehre regelmässige Ufer bilden will, was doch nothwendig ist.

Besteht das Wehr nur aus einer rohen Steinschüttung, so ist man diese bis zu den Uferrändern heraufzuführen und da die Leisten zu docken.

§. 86.

Halbmassive Wehre.

Der eben erwähnte Uebelstand der aus roher Steinschüttung bestehenden Wehre, dass nämlich die Strömung sich an einzelnen Stellen des Rückens leicht concentrirt und hier einen Durchbruch macht, lässt sich dadurch vermindern, dass man einen starken Boden oder einen Balken in den Wehrrücken legt. Derselbe ist jedoch nicht gehörig befestigt, wenn man ihn nur durch die gegen gepackten Steine zu halten versucht, und ausserdem ist die Höhe des einzelnen Balkens so geringe, dass leicht eine starke Erosion, die wieder verderblich werden kann, sich unter dem Wehre bildet.

Man sieht es daher vor, eine vollständige Holzwand, die die Flussbette bis zum Wehrrücken aufsteigt, darzustellen. Am besten geschieht dieses, wenn die übereinandergelegten Baumstämme oder Balken nur durchlocht und durch hölzerne Nadeln verbunden werden, wie dieses bei Gebirgsströmen, wo Steine wenig Werth haben, häufig geschieht. Eine solche Wand wird durch den Druck der von beiden Seiten dagegen gepackten Steine schon einigermaassen gehalten, aber jedenfalls verdient es den Vorzug, ihr auch eine solide Verbindung mit dem Flussbette zu geben.

Namentlich, wenn das Bette in eine Felsbank eingeschnitten und wie gewöhnlich durch die Strömung und das Eis und über geführtes Gerölle ziemlich eben geschliffen ist, so muss man besorgen, dass bei starken Anschwellungen das ganze Wehr gerissen wird, wie massive Bahnen, und selbst wenn sie aus Stein en construiert sind, unter ähnlichen Umständen bei Hochwasser zuweilen spurlos verschwinden. Das Einrammen der Pfähle ist in Felsboden gemeinhin unmöglich, und wenn die Pfähle

auch etwas eindringen sollten, so wird der umgebende Fels so zerklüftet, dass sie keinen festen Stand erhalten. Es ist angemessener, statt derselben starke eiserne Bolzen anzusetzen. Man bohrt Löcher von einer Weite, die der Stärke des Bolzens entspricht, in den Felsen ein und zwar 12 — 18 Zoll tief. Am unteren Ende jedes Bolzens wird durch einen Sägechnitt ein Keil und ein eiserner Keil von der Breite des Bolzens und der erforderlichen Stärke wird mit der Schneide in den Spalt eingesetzt. Indem man den Bolzen nun in das Bohrloch durch sanfte und später durch recht kräftige Hammerschläge treibt, dringt der Keil tiefer in den Bolzen ein, drängt beide Seiten aus einander und verursacht dadurch ein so starkes Klemmen, dass der Bolzen endlich ganz fest darin steckt. Die Balken werden alsdann an den entsprechenden Stellen durch auf die Bolzen aufgezogen, und Schraubenmuttern am oberen Ende der Bolzen gehen der ganzen Verbindung die gewünschte Festigkeit. Fig. 172 zeigt diese Anordnung im Querschnitt, und dabei nur zu bemerken, dass man für die gehörige Abwehr der Stöße der Balken sorgen muss.

Besteht das Flussbette aus aufgeschwemmtem Boden, so kann man die Balkenwand gegen eingerammte Pfähle lehnen. Geht die Wand in diesem Falle häufig eine geringere Höhe aus, so dass sie nur aus Halbholz, oder wohl gar nur aus Holz besteht. Gewöhnlich wird sie alsdann aber mit einem Holzrücken, der in der Höhe des Wehrrückens liegt. Der Bau solcher Wehre ist sehr schwierig, indem der Grund durch die Steinschüttung so unrein wird, dass man später keine Pfähle einrammen kann und man sich damit begnügen muss, die Pfähle aufzupfropfen, oder auf andere Weise die Holzwand auf dieselben gehörig zu stützen.

Durch Anbringung mehrerer Holzwände kann die Länge des Wehres, in der Richtung des Stromes, bedeutend vermindert werden. Besonders geschieht dieses, wenn man Vorboden zwischen zwei Wänden einschliesst. Es giebt auch Wehre dieser Art, denen der Abhussboden ganz fehlt, und welche das selbe Profil, wie das Fig. 166 dargestellte massive Wehr haben.

In diesem Falle stürzt das Wasser senkrecht von der Höhe des Wehres herab; es muss daher für ein festes Stütz-

ist sein, damit keine Auskolkung entsteht, die den Ruin des Wehres zur Folge haben könnte. Häufig vertheilt man aber das Gefälle, indem eine oder mehrere Wände in dem Abhoden angebracht werden, welche stufenförmige Absätze sogenannte Pritschen darstellen. Fig. 173 zeigt einen Bau mit einer Pritsche. Dabei ist die Anordnung genau, wie es häufig geschieht, dass man das Wasser nicht unmittelbar auf die Steinpackung fallen lässt, wodurch diese leicht zertrümmert werden könnte, darüber vielmehr einen Bohlenboden legt.

Ein solcher stufenförmiger Abschussboden befindet sich auch in der Oder vorkommenden sogenannten Stangenwehren. Fig. 174 deutet die Construction derselben an. Die Wände bestehen hier nur aus verholzten Pfahlreihen, die etwa in 6 Fuss und von einander angebracht sind. Der innere Raum ist mit Bohlen und darüber mit Steinen ausgepackt. Der eigentliche Flussboden besteht aber aus schwachem Rundholz von 30 bis 40 Fuss Länge und 6—8 Zoll Stärke am Stammende. Die Stämme werden, wie die Figur zeigt, schräge eingetrieben und so, dass das Stammende jedesmal stromabwärts gekehrt ist, den Holm einer Pfahlreihe überdeckt. Man bemüht sich, diese Stämme, wo sie frei liegen, möglichst nahe an einander zu setzen; nichts desto weniger bleiben doch immer grosse Zwischenräume, und sowohl das hindurchstürzende Wasser, als dasjenige, was unmittelbar aus dem Oberwasser durch das Wehr fliesst, macht in der losen Packung des eigentlichen Wehrkörpers grosse Beschädigungen, dass sehr häufige Reparaturen hierbei unmeidlich sind.

Demnächst wendet man auch bei Wehren die bereits beschriebenen Senkkasten an (§. 74 und Fig. 100 Taf. XXXVII). Woher geschieht dieses häufig in Nord-Amerika. Das Wehr, welches der Schuylkill bei Fair-Mount angespannt wird, um die Verleitungen von Philadelphia zu speisen, ist in dieser Art. Fig. 175 a zeigt den Durchschnitt und Fig. 175 b einen Querschnitt der stromabwärts gekehrten Seite. Zur Erklärung der Zeichnung ist nur zu bemerken, dass dieser Damm 1204 Englische Fuss oder 1160 Preussische Fuss lang ist, und die Anschüttung auf der stromaufwärts gekehrten Seite des Damms aus dem Material

des Flusses, nämlich Sand, Erde und kleinem Geschiebe und dieses in kurzer Zeit sich so dicht ablagerte, dass das Sinken des Wassers aufhörte. Der Bau ist in den Jahren bis 1823 ausgeführt.^{*)} Auch für den Staudamm im Croton das Wasser 38 Foss anspannt, und zur Speisung der Leitungen in New-York dient, hat man in der neuesten Zeit dieselbe Construction gewählt.^{**)}

§. 87.

Hölzerne Wehre.

In vielen Fällen ist das Steinmaterial so kostbar, dass entweder gar nicht, oder doch nur in geringem Masse darauf. Dieses findet namentlich in Nord-Deutschland statt, hier hat sich eine Constructionsart in Holz ausgebildet, die beschrieben werden muss. Es zeigen sich darin freilich manche Verschiedenheiten, die jedoch weniger wesentlich bei Angabe der einzelnen Theile der Construction berühren können.

Bei Anwendung des Holzbaues darf man das Profil nicht durch eine Curve begrenzen, und ebenso wenig darf es in Längsaxe gekrümmt sein. Man muss vielmehr für gerade gebrochne Linien wählen. Die hölzernen Wehre sind aber in ganz gerader Richtung quer durch den Fluss gezogen. Bemerkung gilt auch zum Theil für die im vorigen Paragraphen behandelten halbmassiven Wehre.

Der Rücken des hölzernen Wehres besteht jedesmal aus Fachbaume, der auf einer Spundwand ruht; er trennt die geneigten Böden des Wehres. Die Spundwand an sich kann wasserdichten Schluss nicht bilden; ein solcher ist aber nicht nöthig, weil der eigentliche Körper des Wehres nur aus besteht, die bei starkem Durchquellen fortgespült werden, wodurch das ganze Wehr nicht nur seinen Zweck verliert.

^{*)} *Public Works in the united states of America.* London pag. 103 ff.

^{**)} *Schramke, description of the New-York Croton Aqueduct.* New-York and Berlin 1845.

nach zerstört werden müsste. Man bildet daher einen mög-
lichst compacten Thondamm, und sichert denselben seitwärts durch
Urdwände und von oben durch einen Bohlenboden. Hieraus
lehrt die Figur 176 dargestellte Construction.

Der Thondamm wird häufig, wie dieses auch in der Figur
angenommen ist, ebensowohl unter dem Vorboden als unter dem
Hinter- oder Abschussboden angebracht. Er erstreckt sich jedoch
nicht unter dem ganzen Hinterboden fort, sondern nur etwa
zum dritten Grundbalken. Es entsteht aber die Frage, welcher
von beiden Dämmen der wichtigere ist, den man also mit beson-
derer Sorgfalt ausführen und auch in dem Falle darstellen muss,
wenn man etwa eine Spundwand und einen der beiden Dämme
lassen will. Man überzeugt sich leicht, dass der wasserdichte
Schluss unter dem Rücken des Wehrs stattfinden muss, denn
wenn ein solcher hier fehlt und das Wasser daselbst hindurch-
dringt, so wird es auch im Abschussboden nicht mehr zurück-
gehalten werden können, weil dieser nicht in so innige Verbindung
mit der Thonmasse angebracht werden kann, wie die Spundwand,
an welche der Thon fest angestampft wird. Die Frage reducirt
sich sonach darauf, ob der Anschluss des Thondammes gegen
die Spundwand auf der stromaufwärts, oder der stromabwärts
gerichteten Seite das Durchdringen des Wassers sicherer verhindert.
Bei starkem Feststampfen legt sich der Thon schurf gegen die
Spundwand, füllt alle Unebenheiten derselben aus und dringt auch
in die Fugen hinein. Diese innige Berührung wird auf der strom-
aufwärts gerichteten Seite noch durch den Wasserdruck befördert,
während auf der entgegengesetzten Seite der Wasserdruk auf
die Trennung beider hinwirkt. Hiernach muss man den wasser-
dichten Schluss auf der stromaufwärts gerichteten Seite als beson-
ders wichtig ansehen. Man könnte freilich vermuthen, dass der
Wasserdruck vergleichungsweise gegen die Kraft, womit der Thon
festgestampft wird, nur sehr unbedeutend wäre, und vielleicht gar
keine Berücksichtigung verdiente. Nichts desto weniger muss man
bei auch den Umstand beachten, dass das Holz und selbst der
Thon bei eintretender Trockenheit schwindet und sonach in diesem
Falle die Wirkung des Stampfens in Betreff des innigen Schlusses
zwischen beiden zum Theil aufhört, woher der Effect des Wasser-
drucks mehr Einfluss erhält.

Es giebt indessen noch andre Gründe, welche den rüchten Schluss an der stromaufwärts gekehrten Seite des rüchens als den wichtigeren erscheinen lassen. Hierbei, besonders der Umstand, dass das Wasser sich über dem V noch regelmässig bewegt, während es auf dem Abschn schon stark herabstürzt, daher beim Durchdringen durch des Bohlenbodens den darunter befindlichen Thondamm angreift und leichter zerstört. Endlich pflegt man den Abhoden bis zum Flussbette herabzuführen, will man ihn dargar zu lang machen, so muss man ihn eine starke Neigung dadurch entsteht dicht hinter der Spundwand, die unter dem rücken sich befindet, eine ziemlich scharfe Kante, welche Wasser leichter durchdrungen wird. Der Vorboden braucht gegen das Flussbette nicht zu erreichen, man kann ihm jede beliebige sanfte Neigung geben und jene scharfe Kante vermeiden.

Die Anordnung des Wehres ist folgende. Die Fachbaums ist durch die Stromverhältnisse gegeben. Der boden muss einige Neigung nach vorn erhalten, damit die Verengung über dem Fachbaume stattfindet, und die herabenden Eisschollen nicht etwa gegen den vordern Rand Bodens stossen. Es ist vortheilhaft, wenn dieser Rand unter dem Oberwasser liegt. Der Abschnusboden an sich an der andern Seite gegen den Fachbaum und erstreckt wenigstens so weit, dass er selbst beim niedrigsten Wasser noch in das Unterwasser herabreicht. Die Breite des V bestimmt sich dadurch, dass der darunter befindliche Thon hinreichende Stärke erhält: die des Abschnusbodens ist durch dessen Neigung bedingt. Je flacher die letztere angewird, um so fester wird der ganze Bau, und um so weniger Beschädigungen in Folge der Auskolkungen des Flussbettes gesetzt. Gewöhnlich entspricht die Neigung der sechs- oder dreifachen Anlage.

Der wasserdichte Thondamm muss an beiden Seiten der Spundwände eingeschlossen sein, weil nur in diesem Falle festes Anstampfen erfolgen kann. Die Spundwände erstrecken sich über bis in die beiderseitigen Ufer, um auch hier das Durchdringen des Wassers zu verhindern, und der Thondamm erstreckt

so weit, als sie selbst. Ausserdem ist er nach Maassgabe des beabsichtigten Staues und der Beschaffenheit des Bodens auch die Flussbette mehr oder weniger tief eingeschnitten.

Spundwände allein tragen die darauf zu legenden Fachbäume nicht sicher: diese müssen vielmehr noch durch daneben stehende Pfahlreihen unterstützt werden. In sofern aber der Anschluss des Thondammes an eine Spundwand durch die stehenden Pfähle verhindert wird, so muss die Pfahlreihe dem Hauptfachbaume an derjenigen Seite der Spundwand wo der Damm von minderer Bedeutung ist, also nach der Auseinandersetzung auf der stromabwärts gekehrten Seite, wo sich hiernach auch rechtfertigen, wenn man die Pfahlreihe, welche den Fachbaum vor dem Vorboden unterstützt, an die stromaufwärts gekehrte Seite der Spundwand verlegt. Ich habe diese Anordnung indessen nicht gewählt, weil sie ganz ungewöhnlich ist, und man die Wehre, wie jeden anderen Bau, mit den Spundwänden umschliessen mag, was in der Beziehung allerdings vortheilhaft ist.

Am untern Ende des Abschlussbodens ist gemeinhin noch eine Spundwand angebracht: dieselbe ist in Betreff des dichten Schlusses allerdings entbehrlich, da jedoch das Wasser den Uebersturz in heftige Bewegung versetzt wird, und trotz der Ueberbrückung des Sturzbettes leicht Auskolkungen in der Flussbette entstehen, so ist der dichte Schluss auch hier von Wichtigkeit. Wenn man ihn nicht anbringt, so muss man besorgen, dass unter dem Abschlussboden leere Räume entstehen, die leicht ein Durchsickern des Wassers begünstigen und für den ganzen Bau nachtheilig werden können.

Alle sämtlichen Fachbäume und besonders der Hauptfachbaum werden mit besondrer Vorsicht aufgebracht; nachdem die ganze Spundwand mit einem durchgehenden Zapfen durchbohrt, und der Fachbaum gehörig aufgepasst ist, so wird dieser mit Leinwand umschlagen, die vorher in heissen Theer eingetaucht worden. Der Fachbaum wird alsdann mit Hülfe von Balken fest aufgetrieben und mit eisernen Klammern an die Spundwand befestigt.

Der Vorboden, wie der Abschlussboden, besteht aus Bohlen. Diese aber weder durchbiegen, noch auch sich werfen, dürfen

Es giebt in dichten Schluss rückens als den besonders der, Un noch regelmässige schon stark bema des Bohlenboden angreift und leiboden bis zum hgar zu lang maedadurch entsteht: rücken sich beh Wasser leichter gegen das Flajede beliebige vermeiden.

Die Anord Fachbaums ist boden muss ei Verengung über henden Risscho Bodens stossen unter dem Obesich an der ano wenigstens so noch in das lbestimmt sich hinreichende Sh durch dessen f wird, um so f Beschädigungen gesetzt. Gewidreifachen Anl

Der wasser Spundwände festes Anstam aber bis in die des Wassers

ie Länge frei liegen. Man legt von Mitte zu Mitte und zwar par endbalken, auf welche die Bohlenbalken ruhen auf Pfählen, der Abstand von einander eingegeben sich gleichfalls einige Fuss

den Grundbalken, und sonach deutend, aber sehr wichtig ist zwischen beiden besteht. Das greift alle Oberflächen des H merklich an, und verzehrt brechen alter Wehre, dass gegen die zugehörigen Zapfenle

Um ohnerachtet dieser Ver zu sichern, stellt man die oste in gerade Linien, sonach einen und der andern Seite reicht sie mit Blattzapfen d mittelst starker Nägel od

meinhin aus 3 oder 4zölligen ddbalken und Fachbäume verbleibt dieses mit eisernen Anbringung einer Spunde ist dabei nicht üblich, geschwächt wird, der werden daher nur enngelt. Um indessen durch die Fugen zu v zugeln, die, sobald sie den müssen.

zeichnet die Höhe 4, den Bohlenbelag uch durch irgend ein diesem Grunde muss anschliesst, mit Fals Die Fulse müssen

so, dass die Bohlen noch auf den Fachbaum ruhen. Sollte die Stärke des Fachbaumes hierzu nicht genügen, legt man Grundbalken unmittelbar daneben, die mit den Bohlen befestigt werden, während sie in einen 10 Zoll breiten Falz des Fachbaumes noch eingreifen. Diese Anordnung genügt für den letztern schon eine 12 Zoll, wobei der mittlere Theil, der nicht durch den Grundbalken bedeckt wird, 10 Zoll breit bleibt. Ist der Fachbaum stark, so darf man nur an einer Seite einen Grundbalken daneben legen, und bei 18 Zoll Stärke lassen sich die Grundbalken schon sicher darauf befestigen. Diese Grundbalken rücken sich nur für den Hauptfachbaum, die beiden Seitenfachbäume, welche das Wehr an der obern und untern Grenze, können unbedenklich durch den Bohlenbelag ersetzt werden, wodurch die Construction viel einfacher wird. Desto weniger werden die Bohlen auch hier genügt, in der Figur gleichfalls angenommen ist, in Falz.

Die Befestigung der Fachbäume erfolgt zwar sehr sicher, wenn die Spundpfähle mit durchgreifenden Zapfen versehen sind, in der Längenrichtung des Fachbaumes, nachdem der Belag ebracht ist, durch eingesetzte Keile aneinander treibt. Diese Befestigung ist jedoch für die freiliegenden Theile des Fachbaumes nicht angemessen. Wenn also der Bohlenbelag nicht ganz den Fachbaum übergreift, so ist es vorzuziehen, die Befestigung durch Eisenklammern, die von der Seite in den Fachbaum eingetrieben werden, darzustellen.

Bezüglich der Ausführung und der Reihenfolge der einzelnen Arbeiten muss daran erinnert werden, dass zuerst für eine sichere Ableitung des Flusses zu sorgen ist, oder wenn eine solche sich nicht darstellen lässt, der Bau des Wehres nicht im Ganzen, sondern nur theilweise erfolgen kann, weil sonst der Fluss ganz gesperrt werden würde. Die Baustelle wird demnach durch Fangedämme eingeschlossen, und, während das Quellwasser abgepumpt wird, bis zur erforderlichen Tiefe ausgehoben. Gleichzeitig werden die Rammarbeiten begonnen, und zwar zuerst für die Spundwände, und demnächst für die Grundpfähle. Die Aushebung wird bis in die beiderseitigen Ufer ausgedehnt, und die

Spundwände erstrecken sich über die Baugrube hinaus bis zu dem festen Boden. Während man die Fachbäume aufbringt und die Pfähle abschneidet, und mit Blattzapfen versieht, wirft man das Thon in dünnen Lagen in die Baugrube. Derselbe muss mit möglichster Sorgfalt zwischen den Pfählen angestampft werden, er darf daher nicht so stark durchnässt sein, dass er eine breiartige Masse bildet und eben so wenig darf er ganz trocken sein. Wenn aber das Quellwasser, wie gewöhnlich, die unterste Lage stark erweicht, so ist es angemessen, für diese recht trockenes Thon zu wählen, der möglichst schnell, also bevor er sich vollständig gesogen hat, mit der Handramme befestigt wird. Die folgenden Lagen, die nicht stärker als 6 Zoll sein dürfen, weil der Stoss der Handramme bei grösserer Stärke die Compression nicht sicher bewirkt, müssen denjenigen Grad von Feuchtigkeit erhalten, wobei das Anstampfen am wirksamsten ist, d. h. der Thon noch in kleinen Massen sich noch kneten lassen. Dieses ist der gerade derselbe Grad der Feuchtigkeit, in welchem man ihn gewöhnlich schon vorfindet.

Neben der Hauptspundwand, also unter dem Rücken des Wehres muss der Schluss besonders dicht sein. Aus diesem Grunde beginnt man jedesmal das Stampfen an der äussern Seite der Lage, und beschliesst es mit recht kräftigen Stössen unmittelbar an der Spundwand und rings um die davor stehenden Pfähle. Die Lagen dürfen aber nicht horizontal bleiben, sondern sie müssen nach und nach die Neigung des darüber anzubringenden Bohlenbodens annehmen. Zu diesem Zwecke erhalten sie eine ungleichmässige Stärke und werden an der Seite des Wehrrückens höher geschüttet, als an dem äussern Ende. Ist auf diese Weise der Thonboden bis zur untern Fläche der Grundbalken aufgeführt, so werden diese verlegt, worauf in gleicher Weise der Thonbelag bis zur untern Fläche des Bohlenbodens fortgesetzt, und endlich für eine recht sorgfältige Abgleichung der Oberfläche gesorgt wird, damit die Bohlen nicht nur auf den Grundbalken, sondern auch auf dem Thondamme aufliegen und dazwischen keine hohlen Räume bleiben.

Ueber das Aufbringen des Bohlenbelages ist nur zu erwähnen, dass das Ende jeder Bohle auf einen Grundbalken einen Fachbaum treffen muss. Dieses würde bei der versch

des Wehres (indem dasselbe über dem Hauptfachbaume halich etwas eingezogen ist) nicht möglich sein, wenn man Bohlen parallel bearbeiten wollte. Man muss daher mehrer zunächst an den Seitenwänden aufzunagelnden Bohlen der einen Seite etwas verjüngen, damit die Fugen, welche in der Mitte des Wehres parallel zur Axe des Stromes gerichtet sind, nach und nach in die Richtung der Seitenwand übergehen, so dass keine Bohle in eine scharfe Spitze ausläuft. Die Figur stellt diese Anordnung dar, so wie sie auch zeigt, dass die Bohlen, welche nicht die volle Länge des Abschussbodens haben, nicht in die Länge, sondern zu mehreren über denselben Grundbalken genagelt werden. Dieses geschieht, um die Bohlen in ihrer vollen Länge benutzen zu können, ohne dass es erforderlich wird, jeder Bohle dieselbe Breite zu geben, welche die in ihrer Verlängerung hat. Endlich werden gemeinhin noch schwache Latten zwischen die Fugen der Bohlen genagelt. In den Stossfugen ist dieses nicht nöthig, weil dieselben schon durch die Grundbalken gesichert sind.

Wenn der Fluss wenig Wasser liefert, so wird dieses gewöhnlich durch die Mühlenanlagen zur Seite des Wehres verdrängt, so dass zur Zeit der Dürre über das letztere nichts abfließt, und daher sowohl der Rücken als der Abschussboden zu trocken liegen. Für den Rücken oder Hauptfachbaum ist dieser Umstand weniger bedenklich, insofern er in das Oberwasser steht, und von diesem benetzt wird, oder wenigstens mit dem Thondamme immer in Berührung bleibt. Der Bohlen des Abschussbodens leidet dagegen sehr stark in Folge der wechselnden Benetzung und Austrocknung. Dabei tritt aber der Uebelstand ein, dass bei anhaltender Dürre die Bohlen schwinden, reißen und sich werfen, und sonach bei der nächsten Ueberströmung die Fugen anfangs weit geöffnet sind. Hiergegen das Wehr zu sichern, und um überhaupt den häufigen Reparaturen des Belages des Abschussbodens zu begegnen, derselbe zuweilen mit einem Pflaster bedeckt. Man darf sich nicht hoffen, dass ein einfaches Pflaster, auf den Thondamm gelegt, der Ueberströmung lange Widerstand leisten wird. Das Wasser dringt vielmehr in die Fugen, spült dieselben aus und kleine Steine versinken entweder, oder werden fortgerissen, so dass

der ganze Abschussboden seine Decke verliert. Ein bedeu-
 Wehr wurde in dieser Art, und zwar sowohl im Vorhofe
 im Abschussboden behandelt, man hatte aber noch zu
 Sicherheit über die Grundbalken andre Balken gelegt und
 verkämmt, so dass ein sehr fester Rost entstand. Die Fels-
 selben waren sorgfältig mit grossen Sandstein-Quadern aus-
 und überhaupt der ganze Bau sehr solide und tüchtig aus-
 Bei einer starken Fluth löste sich aber die Steindecke,
 zeln Steine versanken, und der Thondamm des Unter-
 wurde so stark beschädigt und auseinander gerissen, dass
 die Spundwand ihre Haltung verlor und einzelne Spundpfähle
 die Rostfelder des Abschussbodens heranstrieben. Der
 belag, den man später aufbrachte, hat das Wehr seit einer
 Reihe von Jahren vollständig geschützt.

An andern Wehren bemerkt man, dass das Pflaster
 Haltbarkeit hat; es scheint dazu indessen erforderlich, die
 Pflastersteine wieder auf andern Steinen ruhen, und dass
 haupt die Steindecke so stark und zugleich so dicht gesch-
 ist, dass die Bewegung des Wassers sich nicht durch
 durch fortsetzen und den aufgeschwemmten Boden, der den
 grund bildet, angreifen kann.

Ueber die Verbindung des Wehres mit dem Ufer
 die Darstellung eines gehörigen Anschlusses an letzteres
 noch einige Umstände erwähnt werden. Es kommt zunäch-
 auf an, ein starkes Durchsickern des Wassers durch das
 zu verhindern, wodurch dieses leicht aufgelockert und endli-
 gar durchbrochen werden könnte, so dass der Fluss zur
 Wehres sich einen neuen Weg eröffnete. Um dieses zu ver-
 werden, wie bereits erwähnt, die Spundwände und die Thon-
 bis in das feste Ufer fortgesetzt. Wenn man aber diese
 setzungen der Spundwände in gleicher Höhe, wie im Wehre
 hält, so ist das Durchsickern des Wassers durch das Ufer
 nicht vollständig vermieden, und zwar um so weniger, als
 die Fugen der hölzernen Seitenwände des Wehres dem
 überall das Eindringen sehr erleichtern. Man lässt daher
 solchen Wehren, die einen starken Stau erzeugen und einer
 Ueberströmung ausgesetzt sind, die ins Ufer greifenden Thon-
 Hauptspundwand höher hinaufreichen, so dass sie nahe den

berühren. Die Befestigung der Fachbäume, die in vorern Höhen liegen, erfordert alsdann eine besondere Vorsicht. Itern Theil derselben darf man nicht neben der Seitenwand den, weil hierdurch der wasserdichte Schluss aufgehoben, Fachbaum selbst weniger sicher liegen würde, als wenn in das Ufer träte. Man wählt vielmehr die in Fig. 176 in der Seitenansicht und im Längen-Durchschnitte dar- Construction. Einige der nächsten Spundpfähle werden derselben Höhe wie die mittlern abgeschnitten, und der hbaum erstreckt sich über sie fort, während er zugleich enden höhern Spundpfahl mit einem oder zwei Blättern umfasst. Auf dem Fachbaume wird der Stiel aufgezapft, Wehr zur Seite begrenzt, und zwischen diesen und den höhern Spundpfahl stellt man kurze Bohlen oder Stücke, die gleichfalls gespundet sind und die Ergänzung der and bilden. Die Zapfen, mit welchen diese kurzen Stücke d unten versehen sind, greifen in die fortlaufenden Zapfen- der Fachbäume ein, und die letzte dieser Bohlen fasst r Feder in die Spundung des erwähnten Stieles. Wenn der obere Fachbaum aufgelegt und durch einen eisernen mit diesem Stiele, oder dem darauf befindlichen Holme en wird, so ist die ganze Wand nicht nur fest zusammen- sondern bis zum obern Fachbaume ebenso dicht ge- n, wie jede andre Spundwand.

beiden Fachbäume zur Seite des Wehres, welche unten höhern Flügel der Hauptspundwand bedecken, wer- önlich so hoch gelegt, dass nur eben die Grasnarbe des rundes sich darüber bilden kann; in vielen Fällen liegen in der Höhe des Wiesengrundes selbst, und oft sogar

Wenn die letzte Anordnung in mehrfacher Beziehung ussend ist, so werden die Fachbäume und Spundwände eh in der Höhe des Wiesengrundes schon oft trocken und nach bald in Fäulnis über. Sie lassen sich viel länger ren, wenn man den Thondamm bis zu ihrer vollen Höhe irt, und überhaupt jede unmittelbare Berührung der vege- en Erde mit ihnen verhindert. Ausserdem kommt hierbei r Umstand in Betracht, dass der Thondamm selbst, der ie angestampft ist, sie auch sehr kräftig schützt, so dass

ein Durchbruch nicht leicht zu besorgen ist, selbst wenn sie schon stark angefault sind. Nichts desto weniger hat man doch auch noch andre Maassregeln angewendet, wodurch das Eintreten des Fäulniss verhindert wird. Man lässt nämlich den Hauptfachbaum in der Höhe, die er im Wehre selbst hat, über die ganze Länge der Spundwand fortlaufen. Er ist alsdann ebenso, wie die Spundwand, der Gefahr einer baldigen Fäulniss entzogen, weil das Erdreich bis zum Wehrrücken immer nass zu bleiben pflegt. An den Fachbaum stellt man aber eine Mauer aus gebrannten Steinen, einen Stein stark. Dieselbe würde an sich wenig stabil sein, erhält aber eine sichere Unterstützung, indem von beiden Seiten aus die Thondämme dagegen gestampft werden. Es ist hier nothwendig, das Anschütten und Anstampfen gleichmässig vorzunehmen, weil die Mauer sonst leicht umgeworfen werden könnte. Auf solche Weise lässt sich allerdings der nachtheilige Einfluss des abwechselnden Nasswerdens und Trocknens der Wand abheben, es entsteht dabei aber die Frage, ob eine solche lose Wand überhaupt noch von Nutzen ist, und ob man nicht das Durchdringen des Wassers ebenso vollständig verhindern kann, wenn die beiden Thondämme vor und hinter der Spundwand sich unmittelbar anrühren, oder ohne Unterbrechung einen einzigen Damm bilden.

Die Wände, welche das Wehr zu beiden Seiten gegen das Ufer begrenzen, sind nichts andres, als gewöhnliche Uferschutten. Jedenfalls müssen sie die Uferhöhe oder den Horizont des Thalgrundes erreichen, ohne ihn zu übersteigen, denn nur in diesem Falle schützen sie das Ufer gehörig und geben keine Veranlassung zur Bildung von Seitenströmungen. Sie müssen auch, wie bereits bei Gelegenheit der massiven Wehre (§. 85) erwähnt, von dem Wehrrücken ab, sowohl stromauf- als abwärts hin, divergiren, und an den Enden mit Flügeln versehen sein, um gehörige Anschlüsse an die Ufer zu bilden.

Die Seiten-Einfassungen der hölzernen Wehre werden ebenfalls auch massiv aufgeführt, um den häufigen Reparaturen und Umbauen zu begegnen. Für diesen Fall gilt Alles, was bereits über bei Gelegenheit der massiven Wehre gesagt ist (§. 85). Es fragt sich nur, in welcher Weise der hölzerne Boden nebst den Grundbalken und Fachbäumen an die Mauern angeschlossen werden soll.

Die Fachbäume in die Mauer eingreifen müssen, so wird sie nicht füglich anders als auf einem Pfahlroste fundiren. Am einfachsten wäre es, in diesem Falle die Rostschwellenbar unter die Grundbalken zu legen, und letztere als zu benutzen. Dabei würde indessen zunächst der Uebelstand eintreten, dass die Oberfläche des Rostes stark gegen den geneigt werden müsste, während kein Seitendruck in Richtung gegen die Rostfläche stattfände, und sonach seitlich des Mauerwerks oder eine Trennung beider Theile über dem Fachbaume besorgt werden könnte. Doch von hiervon, verbietet sich eine solche Anordnung auch dadurch, dass die Rostpfähle und Rostschwellen nebst ihrem Belage des Abhassbodens und besonders in der Nähe des Rostes zuweilen über Wasser liegen würden. Der Rost soll ebenfalls unter dem kleinsten Wasser bleiben, und insofern es desselben für das Ober- und Unterwasser verschieden ist, ist es am vortheilhaftesten, die Mauer unterhalb der Haupt- und tiefer herabzuführen, als oberhalb derselben, und für diese Theile den Rost besonders und zwar horizontal zu legen. Die Fachbäume nebst den Spundwänden müssen daher, die Mauer darüber liegt, in dieselbe hineingreifen, die Pfähle, deren Erneuerung dagegen in einer kürzeren Periode eintreten steht, können stumpf an die Mauer stoßen. Endlich sollen die Mauern, ähnlich den Schälungsmauern, auf der Strom- und Spundwänden eingefasst werden, um eine Unterapülung des Bodens zu verhindern, die bei einiger Schadhafteigkeit des Abhassbodens in der That sehr leicht eintreten kann.

Wöhnlich bestehen die Einfassungswände nur aus Holz, und sind dann wesentlich nichts anders als Bohlwerke. Sie unterscheiden sich von diesen hauptsächlich nur dadurch, dass sie an den Seiten mit Bohlen verkleidet sind. Beim Neubau von Wehren pflegt man, wie Fig. 176 a zeigt, besondere Bohlwerke zwischen die Grundbalken einzurammen (sie unterscheiden sich von den Grundpfählen dadurch, dass sie vierkantig sind). Der Bohlenbelag des Bodens wird bis zu den Pfählen geführt und die Verkleidung der Wand schließt diesen an. Bei Anwendung der Bohlwerke-Pfähle kann häufig die Redanker wegen der geringen Höhe der Wände

ganz entbehren, und hierin liegt der Vortheil, den sie gesetzten Wänden haben.

Wenn dagegen diese Seitenwände schadhaft werden, neu werden müssen, während der übrige Theil des Wehres Hauptreparatur bedarf, so würde das Einrammen neuer Bepfähle nicht nur wegen der Beischaffung der Rammgeräthe kostbar, sondern auch sehr zeitraubend sein. Man pflegt lieber aufgesetzte Wände zu wählen, so wie solche schon beim Neubau Anwendung finden. Gewöhnlich ist in diesem Falle, wie Fig. 177 a zeigt, die Schwelle über die Grundbalken, indem die Letztern etwas eingegraben werden. Da jedoch die Hinterfüllungs Erde dem Zutritt des Wassers ausgesetzt ist, und folglich zu Zeiten einen starken Stoss ausübt, so kann es leicht geschehn, dass diese Befestigung Stiele nicht genügt und die Schwelle ausweicht, indem sie dreht oder kanten. Eine grosse Sicherheit bietet sich in Fig. 177 b dargestellte Anordnung, wobei die Schwelle und die Stiele mittelst Versatzung und Zapfen unmittelbar mit den Grundbalken reichen, und sich ausserdem noch gegen den Druck belag lehnen. Will man indessen möglichst sicher sein, so kann man die Schwelle vor die Stiele und bolzt sie an den Grundbalken an, wie Fig. 177 c zeigt.

Welche von diesen Anordnungen man auch wählen darf, dürfen die Erdanker hierbei nie fehlen, weil die aufgesetzten Wände an sich keine Stabilität besitzt. In der Zeichnung einer Freiarche Fig. 178 Taf. XLV, wobei die Construction mit derjenigen der Wehre übereinstimmt, sind aufgesetzt und mit Schwellen unter den Stielen gewählt worden. Die Erdanker sind daselbst auch angegeben, und zwar, wie es in der That gewöhnlich geschieht, ist ein Pfahl um den andern ver-

§. 88.

Freiarchen.

Ueber den Zweck und die Anordnung der Freiarchen schon oben (§. 84) die Rede gewesen. Ihre Construction stimmt mit der der Wehre sehr genau überein, und wenn gleich die Freiarchen der Abchussboden niemals das gekrümmte Profil

Die massive Wehre häufig haben, so wiederholen sich doch hier und zwar eben sowohl beim Massiv-, wie beim Holze alle einzelnen Theile, nämlich der Rücken, der Vorboden, Abschusshoden und die Seitenwände; und sie sind sämmtlich, in ihrer tieferen Lage es gestattet, in gleicher Weise, wie bei Wehren, angeordnet und construiert. Auch die Sicherung des Bodens unterhalb des Abschusshodens durch ein Sturzbetto ist in der heftigen Strömung hier eben so nothwendig. Das einzige, was bei der Freiarche noch hinzukommt, ist die Vorrichtung zum Schliessen der Oeffnung: diese darf daher auch allein hier auseinandergesetzt werden.

Gewöhnlich, und bei kleinern Freiarchen ganz allgemein, ist der Schluss der Oeffnung, so lange man den Stand erhalten will, durch Schütze hervorgebracht. Diese sind hölzerne, in manchen Fällen auch eiserne Tafeln, die auf dem Fachbaume oder dem Rücken der Freiarche stumpf aufstehn, und sich seitwärts an die vortretende Ränder der Wände oder der Mittelpfeiler oder Stiele lehnen. Sobald die Oeffnung frei werden soll, um Wasser abfliessen zu lassen, zieht man sie mittelst verschiedener Vorrichtungen herauf.

Die Schütze würden ohne Zweifel einen dichten Schluss ergeben, wenn sie auch unten gegen einen vortretenden Rand gewären, an welchen der Druck des Oberwassers ebenso, wie an den Seiten geschieht, sie anpresste. Da jedoch einiges Abiegen der Schütze nicht zu vermeiden ist, so würden sie beim Herablassen nicht in den Falz hineinzubringen sein, indem sie in der Mitte der Oeffnung schon vorher auf den Rand aufstehn. In diesem Falle wäre der Schluss aber noch weniger gut, als wenn sie in der üblichen Art stumpf aufstehn und die Fläche berühren.

Die Breite des einzelnen Schützes beträgt in der Regel nicht mehr als etwa 4 Fuss, doch lassen sich Schütze von 5 bis 6 Fuss noch durch ziemlich einfache Vorrichtungen bequem heben und einstellen, diese Vorrichtungen werden aber complicirt und müssen über eine bedeutende Kraft disponiren können, wenn viel weitere Oeffnungen durch einzelne Schütze schliessen und frei machen will. In manchen Fällen, wo die Anbringung von Mittelsäulen nicht zulässig ist, wie namentlich bei Schiffe-

durchlassen, kommen Schütze in grosser Breite, und zwar zu 20 Fuss und darüber vor.

Gewöhnlich werden die Oeffnungen in so kleine Abtheilungen zerlegt, dass man jede einzelne durch ein Schütz schliessen kann. Diese Zertheilung geschieht durch zwischengestellte massive oder hölzerne Wände, und zwar nennt man denjenigen Theil derselben, woran der erwähnte vortretende Rand sich befindet, an welchem das Schütz sich lehnt, den Gries-Pfeiler oder die Gries-Säule. Mit derselben Benennung bezeichnet man aber auch den entsprechenden Theil an der Seitenwand der Freiarche.

Bei massiven Freiarchen müssen die zu solchem Zweck angebrachten Mittelpfeiler so stark sein, dass sie dem Druck des Eises, das mit grosser Heftigkeit dagegen zu treiben vermag, hinreichenden Widerstand leisten. Sie dürfen dabei aber auch eine grosse Breite haben, weil sie sonst die Oeffnungen zu sehr enger würden, oder man gezwungen wäre, eine um so grössere Verbreiterung der ganzen Arche vorzunehmen. Aus diesem Grunde pflegt man die Mittelpfeiler ganz aus Werkstücken zu erbauen. Wenn dieses aber auch nicht der Fall ist, so muss doch der Falz oder der vortretende Rand in festen Werkstücken angebracht werden, weil gebrannte Steine zu leicht ausbrechen, und Bruchsteine überhaupt vollends nicht eignen. Der Falz ist gemeinhin 3 Zoll tief, und die Seiten- oder Mittelmauer springt über dem Rücken der Freiarche plötzlich um drei Zoll gegen die Durchflussöffnung vor, und behält diese grössere Stärke auch in dem folgenden stromabwärts gekehrten Theile. Zuweilen wird der Falz noch mit einer eisernen Schiene verkleidet, um die starke Reibung zwischen Holz und Stein, und die daraus hervorgehende Abnutzung zu verhindern. Die Schienen werden durch Bolzen in versenkten Köpfen gehalten, und letztere müssen in den Werkstücken vergossen werden. Diese Befestigungsart ist aber von grosser Unsicherheit auszuführen, damit die Steine nicht auspressen; ausserdem ist es dabei auch nicht leicht, zwischen den Schienen und Steinen einen gehörig dichten Schluss darzustellen.

Wenn die Freiarche mit hölzernen Seitenwänden versehen ist, so besteht das Grieswerk gleichfalls aus Holz. Die Gries-Säule, welche in der Seitenwand sich befindet, ist hierhin ebenso wie die freistehenden Gries-Säulen, nicht mit

deckt, sondern an beiden Seiten mit Falzen versehen, in welche Verkleidung eingreift. Der Falz auf der stromaufwärts gerichteten Seite ist aber um 3 Zoll tiefer (Fig. 178 a), damit über aufgenagelten Bohlen noch ein 3 Zoll hoher Vorsprung sich bilden kann, gegen welchen das Schütz sich lehnen kann. Auf der stromabwärts gerichteten Seite schliesst sich dagegen die Fläche der Griesssäule an die Oberfläche des Bohlenbelages an. Diese Säule erleidet vom Oberwasser her einen starken Druck, wogegen der nächste Theil der Seitenwand, gegen welchen sie sich verstrebt sein muss. Fig. 178 b zeigt diese Verstrebung an der noch unverkleideten Mittelwand. Die sämtlichen Griesssäulen, also auch die in den Seitenwänden stehenden, werden durch starke eiserne Schienen gegen den Fachbaum und zuweilen sogar gegen einzelne Spundpfähle befestigt.

Die Seitenwände einer Freiarche können, wie die eines Wehres, nach verschiedener Art construirt werden. In der beigelegten Zeichnung ist angenommen, dass sie aus aufgesetzten Wänden bestehen, welche zwar mit gewöhnlicher Verschwellung unter den Stielen.

Die Mittelwände sind wie die Seitenwände construirt, sie haben keinen andern Zweck, als die davorstehende Griesssäule zu unterstützen, sie erstrecken sich daher von dieser stromabwärts, so weit, als die sichere Verstrebung es erfordert. Die Schwelle, auf welcher sie aufstehn, ist über den Grundbalken eingeschnitten, so dass sie sich nicht etwa verschieben kann, sie greift aber über die Mittellinie des letzten Grundbalkens, den sie trifft, über den Belag des Abschussbodens fort, damit die Bohlen auf dem nächsten Grundbalken noch gehörig befestigt werden können. Die Wände lehnen sich zuweilen unmittelbar gegen die Griesssäulen, wo aber nicht auf der Schwelle der Wand aufstehn, so erhält man eine festere Verbindung, wenn man neben die Griesssäule einen Stiel stellt, und jene gegen diesen sich lehnen lässt. Damit die Mittelwände nicht etwa seitwärts umfallen, werden sie durch querübergelegte Spannbalken mit den Seitenwänden verbunden. Zwei dieser Balken sind schon behufs der Anbringung der Brücke nothwendig, die zur Handhabung der Schütze dient. Die Griesssäule vor der Mittelwand ist in gleicher Weise wie die an der Seite stehende eingerichtet. Die Falze, in welchen die Bohlen liegen, sind nur 3 Zoll tief eingeschnitten, weil hier kein

Bohlenbelag sich anschliesst, die stromabwärts gerichteten Fellen sind dagegen so tief, als die Bohlenverkleidung stark ist, auch die Mittelwände werden mit Bohlen verkleidet.

Indem es sehr darauf ankommt, den Griessäulen ihre Stellung unverändert zu erhalten, so wird jedesmal ein starker Griessholm darüber gelegt, in welchen sie sämmtlich mit doppelten Zapfen eingreifen. Bei grosser Weite der Oeffnungen ist der Holm einem starken Seitendrucke ausgesetzt, woher man ihn zu bearbeiten pflegt, dass er nicht hochkantig, sondern flach angebracht wird. Zuweilen wird er auch als gezahnter Balken aus zwei Stücken zusammengesetzt, und wieder so gelegt, dass eine breite Seite in die Horizontale fällt, wie Fig. 183 a zeigt. Die Zahnschnitte sind so gerichtet, dass sie dem stromabwärts gerichteten Drucke Widerstand leisten können.

Die Schütze bestehen, wie Fig. 178 c angiebt, aus Brettern die aus zwei kreuzweise übereinander genagelten Lagen von Brettern zusammengesetzt sind. In derjenigen Lage, welche die tretenden Ränder der Griessäulen oder Griesspfeiler berührt, liegen man die Bretter horizontal zu richten, wogegen sie in der stromaufwärts gekehrten Lage senkrecht stehen. Die Stärke der Bretter ist von der Breite des ganzen Schützes abhängig, und beträgt gemeinhin zwischen 1 und 2 Zoll. Häufig besteht das Schütz aber auch nur aus einer einzigen 2 bis 4zölligen Lage, wobei die Bohlen horizontal angebracht und durch aufgenagelte Latten mit einander verbunden sind.

Die Vorrichtungen zum Oeffnen der Schütze sind sehr verschieden: am einfachsten ist die Fig. 179 dargestellte, die bei kleineren Freiarchen gewöhnlich gewählt wird. In der Mitte des Schützes ist nämlich zwischen den aufrechtstehenden Brettern eine starke Latta oder ein Stück Kreuzholz befestigt, welches über den Griessholm heraufreicht und in Abständen von 6 bis 9 Zoll durchbohrt und mit hölzernen Sprossen versehen ist. Ein gabelförmig gespaltener Hebel wird unter eine dieser Sprossen gesteckt und, wie die Figur zeigt, auf den Griessholm gelegt. Man kann alsdann von der Brücke aus das Schütz aufwachen und so hoch heben, dass der Hebel unter die folgende Sprosse greift. Während des Umliegens des Hebels pflegt das Schütz nicht selbst herabzusinken, indem der Druck des hohen Oberwasser

so starke Reibung erzeugt, dass dadurch das Schütz schwebend halten wird. Sollte dieses indessen nicht der Fall sein, so muss ein Tau gegen die unterste Sprosse binden, und an diesem in Zwischenzeit das Schütz hängen lassen. Ist das Schütz aus dem Wasser gezogen, oder doch wenigstens so hoch, dass es nur noch wenig eintaucht, so kann man es an dem Stiele ausziehen und vollständig ausheben. Das Wiedereinsetzen des Stieles erfolgt erst, nachdem das Oberwasser sich schon bedeutend gesenkt hat; es gleitet daher in diesem Falle durch sein Gewicht bis auf den Fachbaum herab, und es ist keine besondere Vorkehrung zum Herabdrücken desselben erforderlich.

In Fig. 178 ist eine andre viel bequemere Einrichtung dargestellt, die man bei grössern Freiarchen sehr häufig angewendet hat. Das Schütz hängt nämlich an zwei Ketten, und die Enden derselben sind an einer hölzernen Welle dicht unter dem Griesholm befestigt. Durch die Welle gehn zwei viereckige Löcher diametral durch, deren Richtungen sich unter einem rechten Winkel kreuzen.

Indem man passende Hebel hineinsteckt, so kann man daran einmal die Welle um einen Quadranten drehen und dadurch das Schütz um 6 bis 8 Zoll heben. Während der eine Hebel aber in der Welle steckt und gegen die Brücke herabgedrückt wird, kann man schon den zweiten in das zweite Loch einstellen, und so ohne grosse Unterbrechung das Schütz weiter heben. An der Seite der Welle pflegt man noch ein eisernes Sperr-Rad anzuheften, in welches ein Haken einfällt. Mittelst dieser Vorrichtung kann ein einzelner Arbeiter das Schütz heben, und nach jedesmaligen Aufwuchten den Hebel herausnehmen und wieder einsetzen. Auch wird das Aushängen des Schützes, nachdem es gehoben worden, entbehrlich: man kann es vielmehr dicht unter dem Griesholm hängen lassen, bis es später wieder gesenkt wird.

Ausser diesen beiden Vorrichtungen zum Heben der Schütze giebt es noch viele andre, wie z. B. die gezahnte Stange, in welche entweder ein Getriebe, oder ein Hebel mit Sperrhaken eingreift, oder das Schütz ist mit einer Schraubenspindel verbunden, welche durch Umdrehung einer losen Mutter gehoben und gesenkt wird. Dergleichen Einrichtungen kommen indessen bei Freiarchen selten vor, und können daher hier um so mehr übergangen werden, als sie eigentlich zum Maschinenbau gehören.

Man muss bei Aufstellung des Projectes zu einer die betreffende mechanische Vorrichtung jedesmal so kräftig, dass man unter allen Umständen wirklich die Schütze heben kann. Die hierzu erforderliche Kraft ist durch den Druck und die Reibung bedingt. Welchen Druck das Wasser den verschiedenen Wasserständen gegen einen Schütz leicht zu ermitteln, man muss aber aus wirklichen Beobachtungen oder bei neuen Anlagen durch Berechnung der jedesmaligen Höhe wissen, welche Wasserstände gleichzeitig im Unterwasser eintreten. Ein sehr günstiger Umstand ist bei vorkommenden Anschwellungen das Oberwasser weicher als das Unterwasser steigt, und sonach die Niveau-Differenz immer geringer wird. Sodann erhält das Schütz eine grössere Höhe, als dass es bis zur beabsichtigten Stauhöhe reicht. Sobald das Oberwasser bis zu dieser anschwellen an über das Schütz abzufließen, und bei noch höheren Anschwellungen nimmt die Ausdehnung der Oberfläche, welche dem Drucke ausgesetzt ist, keineswegs noch zu, sondern bleibt gleich. Indem aber die Druckhöhe oder Niveau-Differenz immer grösser wird, so kann man unter übrigens gleichen Umständen die Schütze sogar leichter heben, wenn es schon stark überströmt, als wenn das Oberwasser so eben seinen Rand berührt. Die Reibung der Reibung des Schützes, wenn es sich gegen die Grössenflächen lehnt, ist wegen der beständigen Benetzung geringe, und bei der Bewegung selbst nicht grösser, als man anzunehmen, während er für den Anfang der Bewegung ein halb ist, aber auch diese Grösse hat er wohl nur bei neuen Schützen. Hiernach kann man leicht berechnen, wie gross im äussersten Falle die zum Heben des Schützes erforderliche Kraft sein muss, und darnach die mechanische Vorrichtung und die Stärke der zugehörigen Theile bestimmen.

In vielen Fällen sind die einfachern Maschinen, die man wählen muss, bei der geringen Anzahl von Arbeitern, nicht als genügend anzusehn. Man pflegt also den Schütz der Höhe nach in zwei oder auch mehrere Theile zu legen.

Eine solche Trennung des Schützes in verschiedene einander gestellte Tafeln muss immer als eine be-

daung angesehen werden, weil dabei leicht der Hauptzweck Freiarche ganz verfehlt werden kann. Bei mässigen Anordnungen, wobei das Ziehen der Schütze erforderlich wird, so die Wärter nämlich nur das obere Schütz zu ziehn, und untere stehn zu lassen. Häufig ist die Einrichtung auch der Art, dass man bei hohem Wasserstand das untere Schütz nicht fassen kann, und daher gezwungen ist, die höchsten über dieses fortströmen zu lassen. Dabei wird alsdann grosse Menge Material der Freiarche zugeführt, dieses treibt nicht vollständig hindurch und namentlich wird der grobe durch die noch nicht gehobene Tafel aufgefangen und lagert vor derselben, so dass ihr spätres Ziehen ausserordentlich wert wird. Dieser Umstand giebt eine neue Veranlassung, auch nach dem Ablaufe der höchsten Fluthen nicht mehr zu Die ganze Wirksamkeit der Freiarche beschränkt sich allein auf den obern Theil der Oeffnung, oder sie leistet ungefähr eben so viel, als wenn der Fachbaum in der Höhe überkante der untern Tafel angelegt wäre. Es darf kaum werden, dass in diesem Falle auch die Versandung des bettes eintritt, und zugleich dieselben sonstigen Uebelstände zeigen, welche die Folge einer zu grossen Erhöhung des Stromes sind. Das ungetheilte Schütz, welches bis zum Fachbaum herabreicht, bietet dagegen, sobald es auch nur wenig ist, unmittelbar über der Sohle des Gerinnes dem Strome Durchzug, und derselbe spült daher sogleich das Gerinne aus, führt alle Stoffe, die ihm folgen, auch durch die Freiarche hindurch.

Fig 180 zeigt diejenige Anordnung, die man am häufigsten findet, die aber nach dem Vorstehenden am wenigsten zu empfehlen ist. Das obre Schütz hängt immer in den Ketten, man kann es also leicht heben: will man aber auch das untere ziehn, muss jenes zuerst gelöst und beseitigt werden, und alsdann kann man, was gewiss nicht leicht ist, die untersten Kettenringe und die Haken des untern Schützes zu bringen suchen.

Viel passender ist es, wenn das obre Schütz gleich durch mit dem untern verbunden ist, wie Fig. 181 zeigt. So man die Ketten aufwindet, so hebt man zuerst das obre und nachdem dieses so hoch heraufgezogen ist, dass es

entweder ganz aus dem Wasser tritt, oder doch nur noch mässigen Druck erleidet, so spannen sich die Verbindungen und das untre Schütz wird gleichfalls gehoben. Diese Bewegung erfordert freilich, dass die Winde sehr hoch liegen; man kann das obre Schütz auch mittelst Haken an den Füllungen hängen, und es ganz entfernen, sobald es aus dem Wasser gezogen ist. Beim Herablassen der Schütze muss man in den Füllen sehr sorgsam darauf achten, dass die Verbindungen sich nicht zwischen beide Schütze legen, sondern an einer Seite, und zwar am vortheilhaftesten an der stromabwärts gerichteten, ganz frei herabhängen.

Endlich ist Fig. 182 noch eine Vorrichtung dargestellt, die man zuweilen anwendet, und die, wenn auch nicht gerade sehr bequem, doch ganz sicher die Gelegenheit bietet, ein Schütz nach dem andern auszuheben. Die Figur zeigt die Ansicht des Schützes von der stromabwärtsgekehrten Seite, so dass die Enden der Bohlen durch den vortretenden R. Falz verdeckt werden. Die einzelnen über einander liegenden Tafeln sind hier als aus zwei Bohlen zusammengesetzt angenommen: häufig ist dabei aber jede einzelne Bohle von den andern getrennt und wird an beiden aufgenagelten Latten aufgelegt. Die sämtlichen Latten sind an der stromabwärtsgekehrten Seite aufgenagelt; man kann daher, wenn die Ueberbrückung der Vor dem Grieswerke sich befindet, den obern Theil, wenn nöthig, freier herausnehmen, ohne dass man dadurch die übrigen Latten gehindert wird. Man hat aber die Freiheit beim Ziehen dieser Schütze, die Latten jedesmal auf die Brücke hin, also stromaufwärts zu neigen, wodurch jedesmal die untre Kante gedreht, und sonach die Oeffnung vor dem Ziehen zum Theil frei wird. Hierdurch vermindert sich die Reibung, und man kann um so leichter jede Schütz heben und auf die Brücke legen.

Die mittlern Griesäulen nebst den anschliessenden Seitenwänden sind dem freien Abflusse des Hochwassers durch die Schleusarche sehr hinderlich, auch können sie beim Eisgange grössere Schollen zurückhalten und dadurch zu Eisverstopfungen Veranlassung geben. Endlich sind sie selbst noch manchen Beschädigungen durch das gegenstossende Eis und andre

der Körper ausgesetzt. In der letzten Beziehung lassen sie sich freilich durch Anbringung gehöriger Verstrebungen und durch Lagern von eisernen Schienen auf die freistehenden Kanten leicht sicher stellen, nichts desto weniger ist es in vielen Fällen doch sehr wünschenswerth, Oeffnungen von grössrer Breite frei darzustellen. Schon zum Durchlassen der Holzflösse dieses häufig nothwendig.

Man erreicht diesen Zweck, wenn man die Strebewände ganz fest, und die Griessäulen so einrichtet, dass sie erforderlichen Ausgehoben werden können. Man nennt sie alsdann Setzstelen, und sie erhalten, wie Fig. 183 zeigt, keine andre Abstützung, als dass sie mit einem recht starken Zapfen im Baume aufstehn, und sich oben gegen den Griesholm lehnen, auch wohl durch einen Schraubenbolzen an diesem befestigt sein. Will man sie ausheben, so neigt man ihr obres Ende, indem der Schraubenbolzen ausgezogen ist, etwas stromaufwärts, damit ihre Schulter unter dem Griesholm frei wird, und hebt sie alsdann mit Hebeln oder durch eine Windevorrichtung aus.

Man überzeugt sich leicht, dass ihr obres Ende nicht schwach sein darf, dass sie vielmehr mit dem vollen Holz sich gegen den Griesholm stützen müssen. Aus diesem Grunde giebt man ihnen gemeinhin eine stark gegen den Strom geneigte Stellung, wobei jedoch der Falz, in welchen das Schütz eingestellt ist, lothrecht bleibt. Alsdann ist die Backe am untern Ende des Falzes, wo im Allgemeinen der stärkste Druck stattfindet, am breitesten, während sie nach oben etwas schwächer wird, doch bis zum Griesholm sich fortsetzt, und sonach ein leichtes Ausheben und Einsetzen der Schütze möglich macht. Der Griesholm muss in diesem Falle, wo er durch keine Streben unterstützt wird, dem ganzen Wasserdrucke, soweit er nicht von dem Fachbaum übertragen wird, Widerstand leisten. Er bedarf daher häufig in einem verzahnten Balken, oder man bringt an der Brücke eine horizontale Verstrebung gegen die Seitenwände an. Feste Windevorrichtungen sind zwischen den Setzpfosten nicht nöthig. Nichts desto weniger kann man die Ketten, woran die Schütze gehoben werden, an diese unlösbar befestigen, und die obern Enden an Haken unter dem Griesholm hängen. Wenn man einen Schütz ziehen will, so stellt man eine tragbare Winde-

Vorrichtung auf den Griesholm oder die Brücke, und schließt die Enden der Kette auf die Haken der Winde auf. Dieselbe kann demnächst auch zum Ausheben der Setzpfosten verwendet werden.

Bei dieser Einrichtung bietet das Entfernen der Schutzpfosten keine Schwierigkeit, wohl aber tritt eine solche beim Einstellen der Setzpfosten ein, indem es sehr schwer ist, bei einer heftigen Durchströmung das Zapfenloch im Fachbaum zu treffen. Letzteres wird daher nicht prismatisch, sondern nach stark erweitert eingeschnitten; nur an der stromabwärts gerichteten Seite muss es ebenso wie der Zapfen, lothrecht ausgearbeitet werden, damit der Setzpfosten sich hier sicher anlehnen kann. Da das Einstellen des letztern etwas erleichtert, aber man doch gemeinhin sein untres Ende noch durch umgeschlungen gegen den Strom halten und das Zapfenloch lange suchen muss, so gelingt, die Aufstellung zu bewirken.

Das in dieser Art erweiterte Zapfenloch giebt zu einem raschen Durchquellen des Wassers Veranlassung, und dieses ist zu vermeiden, gesehen von dem Wasserverluste, insofern sehr nachtheilig dabei der Fachbaum leidet, und die Oeffnung im Laufe der Zeit immer grösser wird. Man vermeidet dieses, indem man eine eiserne Pfanne, die das Zapfenloch enthält, in den Fachbaum legt. Dieselbe muss genau passend und vollkommen wasserdicht eingelassen werden, sie wird deshalb, nachdem der ganze Schnitt im Fachbaum mit einer Mischung von heissem Theer und Ziegelmehl dick überstrichen ist, stark erwärmt eingesetzt und gestossen und mittelst einiger Holzschrauben befestigt. In Fig. 183 a und b ist die Pfanne durch die starke Schraffur bezeichnet. Auch den Fuss des Setzpfostens verstärkt man zuweilen mit Eisen, doch scheint dieses weniger dringend, da die Anker sich doch nur auf den hintern Theil des Zapfens erstrecken und die Falze für die Schütze nicht berühren darf. Auch ist die Erneuerung des ganzen Setzpfostens mit keinen besonderen Schwierigkeiten verbunden.

Statt der Schütze wendet man in grössern Oeffnungen selten Balken an, die man einzeln übereinander legt, so dass sie eine senkrechte Wand bilden, und den beabsichtigten Schluss bewirken. Man nennt sie Dammbalken oder Versatzbalken.

sind mit keiner Spundung versehen, sondern liegen stumpf aneinander, woher gemeinhin das Wasser durch die Fugen stark durchdringt, besonders unmittelbar nach der Aufstellung der Archen.

Oeffnungen von 15 — 20 Fuss Weite werden, selbst wenn Niveau-Differenz oder der Wasserdruck bedeutend ist, durch Balken noch sicher geschlossen: es kommen aber auch Fälle vor, dass man Oeffnungen, deren Weite 30 und sogar 35 Fuss beträgt, in gleicher Weise schliesst. Das Einlegen und Ausheben solcher Balken ist indessen bei solcher Länge und entsprechender Höhe sehr beschwerlich und zeitraubend, woher man sich gewöhnlich auf geringere Längen beschränkt, und lieber durch Zwischenpfeiler die Anzahl der Oeffnungen vergrössert.

Wenn der Boden der Arche aus Holz besteht, so muss der untere Dammbalken ebenso wie das Schütz auf den Fachbaum aufgelegt, damit an der Stelle, wo der Stau sich bildet, auch der Grund möglichst gedichtet ist. Der Balken liegt in diesem Falle wieder stumpf auf, indem die Bohlen des Vor- und Hinterbalkens mit der Oberfläche des Fachbaums bündig sind, wie Fig. 1 auf Taf. XLVI zeigt. Hat die Arche dagegen einen massigen Boden, so pflegt eine Reihe Werkstücke die Stelle des Fachbaums zu vertreten, und gewöhnlich liegt der untere Balken wieder stumpf auf derselben. Zuweilen geschieht es aber auch, dass eine Nuthe von 4 Zoll Tiefe darin anbringt, die etwas breiter als der Dammbalken ist, so dass letzterer beim Einlegen darin eingeklinkt wird. Dieses geschieht, um die untere Fuge zwischen Balken und Stein eben so dicht zu machen, als die andern Fugen zwischen den einzelnen Balken sind. Die Nuthe muss indessen, wie schon erwähnt, breiter sein als der Balken, weil letzterer nicht leicht eingelegt werden könnte, und der Schluss findet sich wieder vorzugsweise in der horizontalen Berührungs-Fläche. Dieser Schluss kann aber bei solcher Anordnung sehr leicht erreicht werden, wenn Kies und selbst Sand in der vertieften Nuthe liegen bleibt. Hiernach ist es wohl vortheilhafter, die Nuthe anzubringen. Derselbe Grund, der beim gewöhnlichen Schütz die Nuthe oder den Falz im Boden verbietet, kommt hier weniger in Betracht, da der erste Balken das Durchflussprofil noch nicht allzu sehr verengt, und daher auch nicht stark durchgebogen wird.

Die Köpfe der Dammbalken müssen in den Pfeilern gehalten werden, damit der Wasserdruk sie nicht herausheben. Gemeinhin befinden sich zu diesem Zwecke in den Pfeilern tiefe Rinnen oder Nuthen, die man Damm-Falze oder Damm-Nuthen nennt.

Fig. 184 a zeigt diese Anordnung. Das Einlegen der Balken kann alsdann aber nur von oben geschehen, indem man die Dammwand über die Oeffnung bringt, und in die Nuthen herablässt. Ein solches Verfahren ist sehr beschwerlich, besonders wenn die Dammwand nicht in den einzelnen Theilen gehoben, sondern, so oft es nöthig ist, durch den Wasserdruck im Ganzen fortgestossen wird, wovon später die Rede ist. Die Dammbalken, die alsdann auf dem Wasser schwimmen, kann man viel leichter einsetzen, und braucht sie sogar gar nicht auf die Pfeiler zu heben, wenn letztere statt ständiger Nuthen nur mit Falzen versehen sind (Fig. 185). Zieht die Balken nämlich, sobald der Stau wieder dargestellt werden soll, durch die Arche hindurch in das Oberwasser, so werden sie durch den Strom herabtreiben. Man hat aber zuvor am vordere Ende des Balkens einen Haken eingestossen, an dem, wie die Figur zeigt, in die Ecke des Falzes, worin der Strom ihn alsdann von selbst in die erforderliche Lage bringt.

Um die Mauerecken zu sichern, und um zugleich die Verbindung beim Aus- und Einbringen der Balken etwas zu vereinfachen, setzt man zuweilen hölzerne Stiele in die Falze oder Nuthen, so dass die Dammbalken sich dagegen lehnen. Die Befestigung dieser Stiele erfolgt alsdann durch Schraubenbolzen, deren hintere Enden in Steine eingelassen und mit Blei vergossen sind. Die Dammmauer des Schlusses pflegt indessen hierbei nur zu leiden, dass sie sich nicht so scharf an die Mauer anschliesst, als die Köpfe der Balkenköpfe, und ausserdem werden auch die Stiele bald abgerieben. Wenn man daher feste Steine benutzen kann, so ist es besser, die Stiele nicht anzubringen.

Das Ausheben und Einlegen der Dammbalken ist in vielen Fällen eine mühsame Arbeit; es wird aber bei längeren Stauen ganz unmöglich, wenn man nicht besondere Vorkehrungen zum Fassen der Balken trifft. Jedenfalls müssen die Balken in der Mittellinie der Oberfläche sich befinden, denn wenn

Seite stehen, wie zuweilen vorkommt, so hat der Balken, wenn er aufgezogen wird, die Tendenz, sich zu drehen, und so weit, dass die Diagonale in die Richtung des Lothes kommt, wodurch in den Nuthen eine starke Klemmung eintritt und in den Falzen die Reibung vermehrt wird.

Häufig wendet man feste Haken an, die durch Schraubmuttern gehalten werden, und vor die Oberfläche vortreten. Fig. 186 *a* *b* zeigt diese Anordnung in der Seitenansicht, wie im Längs- und Querdurchschnitte. Ueber jedem Haken muss der liegende Balken mit einer Vertiefung versehen sein, damit die Berührung in der vollen Fläche nicht verhindert wird. Am besten ist es, wenn alle Haken und Vertiefungen in derselben Richtung vom Ende der Balken angebracht sind, weil man in diesem Falle beim Aufstellen der Wand nicht eine bestimmte Reihung der Balken beobachten darf. Sehr mühsam ist es aber, bei starker Strömung wird es sogar oft unmöglich, die in der Oberfläche des Balkens vortretenden Haken zu fassen.

Diese Operation wird sehr erleichtert, wenn der Haken oder sonstige Vorrichtung an der stromaufwärtsgekehrten Seite des Balkens sich befindet. Alsdann kann man nämlich die Stange, die man die Verbindung darstellen will, gegen den Balken lehnen und sie längs dessen vorderer Seite führen, bis man den Haken trifft. Besonders vortheilhaft ist es, statt der Haken Ringe zu wählen, die sich niederlegen und aufrichten lassen. Wenn sie niedergelegt sind, sinken sie in eine Vertiefung, so dass sie vor der obern Fläche der Balken gar nicht vorragen, aber reichen sie bis über deren Seitenfläche hinaus, und können hier leicht gefasst werden. Fig. 187 *a* zeigt die Ansicht der stromaufwärtsgekehrten Seite, und zwar einmal mit aufrechten Ringen, und einmal mit niedergelegten Ringen; *d* zeigt die entsprechenden Ansichten von oben; *c* ist die Ansicht der Innenseite der Wand, und *b* der Querdurchschnitt.

Will man die Balken ausheben, so geschieht dieses am leichtesten mittelst eines Hakens an einer Stange, der gleich mit der Kette verbunden ist, woran der Zug ausgeübt wird. Man führt den Haken, wie Fig. 188 *a* und *b* zeigt, an die stromaufwärtsgekehrte Seite des Dammbalkens, und bewegt ihn längs derselben, bis er an den Ring stösst. Wird alsdann die Stange oder die

Kette angezogen, so greift der Haken in den Ring und reißt ihn auf. Es ist dabei ohne Nachtheil, dass die Stange neben der Kette hängen bleibt, indem sie eine schräge Stellung annimmt und sonach bei der Ausübung des Zuges durch die Windevorrichtung nicht hinderlich ist.

Demnächst ist es erforderlich, dass jeder einzelne Dammbalken, sowohl beim Ausheben, als beim Einlegen möglichst horizontal gehalten wird. Man erreicht dieses schon durch eine Windevorrichtung ähnlich der in Fig. 178 c auf Taf. I dargestellt. Es erstreckt sich nämlich über die ganze Dammbauwand eine hölzerne Welle, an welcher zwei Ketten von gleicher Länge befestigt sind, diese werden nach und nach mit den Haken oder Bügeln jedes einzelnen Dammbalkens in Verbindung gebracht, und heben dadurch die Balken, ohne sie aus der horizontalen Lage zu bringen. Wegen des grössern Gewichtes kann jedoch häufiger als hier sächlich aber um das Manöver vom Ufer aus vornehmen zu lassen erfolgt die Drehung der Welle nicht mehr durch eingesteckte Hebel, sondern entweder durch Spillräder, oder auch wohl durch Leiterräder, die an einem oder beiden Enden der Welle angebracht sind. Zuweilen befindet sich auch am Ende der Welle ein grosses Zahnrad, in welches ein Getriebe eingreift, das mittelst einer Hand gedreht wird, so wie auch manche andre mechanische Vorrichtungen hierbei möglich sind, und zuweilen wirklich vorkommen.

Bei langen Balken wird indessen der Gebrauch der Windevorrichtung sehr unbequem und unsicher. Man wählt alsdann lieber eine andere Windevorrichtung, die auf dem Ufer steht. Fig. 189 auf Taf. VI zeigt, wie man die Taue oder Ketten in diesem Falle führt, um sie immer gleichmässig anzuziehen, und dadurch die Balken in der horizontalen Lage zu halten. Beide Taue oder Ketten liegen dabei gemeinschaftlich um eine Winde, und zwar in den meisten Fällen um die Trommel einer Erdwinde, bei sehr grossen und schweren Dammbalken aber auch wohl um den Tummelbaum eines Pferdegepels. Recht bequem ist endlich noch die in Fig. 190 dargestellte Vorrichtung, die zwar nicht das Heben, sondern vielmehr das Herablassen eines Balkens zeigt, jedoch auch den ersten Zweck vollständig erfüllt. Neben jeder Nuthe oder jedem Stützen stehen nämlich zwei eiserne Stützen, oben mit Bolzenlöchern versehen. Man legt zwischen sie einen hölzernen Hebel, der

den eisernen Dorn endet, womit er die Kettenglieder fassen kann. Ein Bolzen verbindet den Hebel mit den Stützen. Wenn der lange Arm des Hebels durch einen oder mehrere Arbeiter gedrückt wird, so hebt sich das damit verbundene Ende des Balkens. So lange der Balken aber noch unter Wasser liegt, ist er durch den Druck desselben am Herabfallen gehindert, man achtet daher während der Zeit, dass man den kürzeren Hebelarm hebt und einen andern Ring der Kette aufsteckt, gar nicht auf eine besondere Unterstützung des Balkens zu sorgen. Diese Unterstützung wird erst nöthig, wenn der Balken über dem Wasser steht, in welchem Falle sie auch leichter in Ausführung zu bringen ist. Hierbei werden die beiden Enden des Balkens ganz unabhängig von einander gehoben, und es ist daher nothwendig, dass beide Operationen übereinstimmend erfolgen.

Beim Einlegen der Balken stellt sich die Schwierigkeit dar, dass der Balken durch sein eignes Gewicht nur so weit herabzusinken pflegt, dass er eben vom Wasser bedeckt wird. Er sinkt noch tiefer herab, wenn man den folgenden Dammbalken oder die Erde darüber legt, aber eben hierdurch erzeugt man einen neuen Stau, und vermehrt dadurch den Wasserdruck und die Schwierigkeit, so dass es oft sehr mühsam wird, die aus mehreren Balken gebildete und noch schwebende Wand herabzubringen. Es ist daher sicherer, wenn man jeden einzelnen Balken mittelst aufgesetzter Bäume an beiden Enden gleich vollständig herabstößt. Wenn die letzterwähnte Hebelvorrichtung gewählt, so kann diese auch zum Herabdrücken der Dammbalken dienen, wie die Abbildung zeigt. Die aufgesetzten Bäume sind nämlich mit Zahnstücken versehen, welche gleichfalls vom erwähnten Dorn des Hebels gefasst und herabgedrückt werden.

Es leidet wohl keinen Zweifel, dass selbst bei Anwendung der bequemsten Vorrichtungen das Ausheben der Dammbalken, namentlich bei plötzlich eintretenden Anschwellungen, immer sehr schwierig ist. Es wird aber ganz unmöglich, die Haken oder Bolzen der untern Balken noch zu fassen, wenn das Wasser schon in grosser Heftigkeit und in grosser Höhe darüber strömt. Wenn daher der Wärter die Operation nicht zeitig genug beginnt, so kann er sie nicht mehr vollständig ausführen, und er ist gezwungen, auch geneigt, die untern Dammbalken liegen zu lassen, weil

dadurch das Manöver beim Ausheben und Wiedereinbringen erleichtert wird. Es tritt alsdann aber der grosse Nachtheil, dessen schon oben (§. 81) erwähnt wurde: die Arche verliert nämlich ihren Zweck und verandert selbst, während zugleich die Flussbette starke Verflachungen erfolgen.

Man hat aus diesem Grunde Vorrichtungen ersonnen, wobei die ganze Dammwand, und zwar bis zum untersten Balken, plötzlich entfernt werden kann. Dieses geschieht dadurch, dass die Balken an der einen Seite sich nicht gegen einen Vorsprung der Mauer, sondern gegen einen hölzernen Stiel lehnen, der auf irgend eine Weise schnell beseitigt werden kann. Die Balkenwände pflegt in diesem Falle noch viel weniger wasserdicht zu sein, indem jener Stiel nur zur Seite der Mauer steht, und nicht von oben durch den Wasserdruck dagegen gepresst wird. Ausserdem ist beim plötzlichen Oeffnen der Wand, das mit grosser Heftigkeit erfolgt, auch häufig Beschädigungen ein, welche das Wiederherstellen sehr erschweren. Es geschieht daher nicht selten, dass man der Sicherheit wegen noch eine zweite Stauvorrichtung anbringt, indem man eine feste Balkenwand anlegt, und zwar ist es theilhaft, diese letzte auf der stromaufwärts gekehrten Seite anzubringen, um die etwa nöthig werdenden Reparaturen im Wasser vornehmen zu können.

Häufig lehnt man die Dammbalken gegen eine Wendesäule, die in gleicher Art wie die Wendesäule eines Schleusenthores aufgestellt ist, und sich um eine vertikale Axe dreht. Am anderen Ende derselben erfolgt die Drehung um einen Zapfen, der in einer Pfanne steht, oben ist dagegen der Hals der Säule cylindrisch bearbeitet und wird von einem eisernen Halsbände umfaßt, welcher durch gehörig befestigte Anker mit der Mauer verbunden ist. Fig. 191 a und b zeigt diese Anordnung. Unter dem Halsbände hat die Wendesäule eine viel grössere Breite, so dass sie an dieser Seite 4 bis 6 Zoll vor der Mauer vorspringt. In der Figur ist die Säule in solcher Stellung gezeichnet, dass dieser Vorsprung oder das Blatt vor die Mauer tritt und den Falz bildet, in welchem an dieser Seite die Balkenköpfe liegen. An der andern Seite lehnen sie sich in gewöhnlicher Weise gegen einen in der Mauer selbst angebrachten Falz. Die Wendesäule würde durch den Druck der Dammbalken sogleich gedreht werden, wenn sie nicht

andere Vorrichtungen in ihrer Stellung gehalten wäre. Häufig zieht dieses durch einen horizontalen Hebel, der an ihrem Ende befestigt ist, und sich gegen einen beweglichen Haken oder Ring lehnt, oder von einer Kette gehalten wird. Einfacher und so sicher ist dagegen die hier gezeichnete Vorrichtung, die den Schiffsdurchlässen des Orb und Allier vorkommt. Unter der Wendesäule sind nämlich starke eichene Bohlenstücke ins Mauerwerk eingelassen und mittelst Schraubenbolzen befestigt. Zwischen diese und das vorspringende Blatt der Wendesäule treibt man einen starken Keil. Man pflegt sowohl den Keil selbst, als die beiden Flächen, die er berührt, mit Eisenblech zu bekleiden, um die Abnutzung zu vermindern.

Will man die Dammwand entfernen, so braucht man nur den Keil herauszutreiben, was mittelst eines Aufsetzers sehr leicht ist. Der Keil ist durch eine Kette an den Kopf der Wendesäule befestigt und bleibt daher an derselben hängen. Sobald er aber ausgestossen ist, so schieben die Dambalken in Folge des Wasserdrucks das Blatt der Wendesäule, das nicht mehr gehalten wird, vor sich in die Nische der Mauer. Diese Nische muss gross sein, dass sie die Wendesäule vollständig aufnimmt, und der Vorsprung vor der Mauerfläche verschwindet. Die Dambalken drehen sich alsdann sämmtlich stromabwärts und schwimmen der Arche heraus. Auf diese Weise wird das ganze Profil der Arche momentan geöffnet. Damit die Dambalken nicht verloren werden, oder weit herabschwimmen, pflegt man sie an den Ringen, welche sich gegen den festen Mauerfals lehnen, mit Ketten zu versehen, die an die Mauer befestigt sind. Häufig bringt man auch nur eine einzige Kette an dem untersten Balken an, welche durch einen Ring an jedem einzelnen darüber liegenden Balken gezogen wird. Der grösste Uebelstand beim Öffnen der Dammwand ist die Möglichkeit, womit die Balken herausstürzen. Sie beschädigen dadurch das starke Aufschlagen die gegenüberliegende Mauer und können häufig selbst.

Das Wiedereinstellen der Wand macht wenig Schwierigkeit. Man zieht alle Balken durch die Arche hindurch in das Obere, bringt die Wendesäule wieder in die ursprüngliche Stellung, treibt sie durch den Keil, und lässt einen Balken nach dem andern eintreiben, indem man wieder nach Fig. 185 das vordere

Ende in den Mauerfals schiebt, worauf er sich von selbst in die Oeffnung legt und sogleich herabgestossen wird.

Zuweilen erhält die Wendesäule, an welche die Dammbalken sich lehnen, auch eine andre Einrichtung, wodurch ein besserer Anschluss derselben an das Mauerwerk möglich, und das Durchdringen des Wassers zwischen beiden, ebenso wie neben der Wendesäule eines Schleusenthores vollständig verhindert werden kann. Fig. 252 auf Taf. LV stellt diese dar; ich habe sie neuerer Zeit in Frankreich gesehn. Die Stauvorrichtung enthält mehrere Gerinne zwischen massiven Mittelpfeilern, jedes derselben ist 14 Fuss 9 Zoll im Lichten weit. Die Figuren 252 a und b zeigen die Vorrichtung mit den eingelegten Dammbalken, die in derjenigen Stellung, die sie einnimmt, wenn die Oeffnung geschlossen ist. Die Wendesäule dreht sich in einer Nische, die in cylindrischer Form möglichst sorgfältig in Werkstücken ausgegearbeitet ist. Unten steht sie in gleicher Art, wie die Wendesäule eines Schleusenthores, mit einer Pfanne auf einem aufwärts gerichteten Zapfen, oben dagegen wird ihr Hals, der mit zwei Ringe aus Glockenmetall bekleidet ist, von einem eisernen, ungedrehten Halsbände umfasst, dessen Anker in beiden Figuren sichtbar sind. Die cylindrische Oberfläche, nach der die Säule und die Wendennische ausgearbeitet sind, ist sehr nahe mit dem Radius von 10 Zoll beschrieben. In der Säule befindet sich jeder der Länge nach ein Einschnitt, worin die Dammbalken liegen auf der Ebene, wogegen dieselben sich lehnen, ist mit starkem Eisenblech verkleidet.

Um die Säule in derjenigen Stellung zu erhalten, wobei die Dammbalken sicher unterstützt werden, tritt aus der obern Fläche der Wendesäule ein starker eiserner Zapfen vor, der behufs der reichender Befestigung weit herabreicht. Um diesen Zapfen dreht sich ein Haken, der bei der richtigen Stellung der Säule in eine Oese passt. Letztere ist in ein Werkstück eingesetzt und mit Blei vergossen. Sobald der Haken hier eingreift, wird er durch ein Vorlegeschloss darin befestigt, damit nicht etwa durch unthätiges Anlösen der Stau aufgehoben werden kann. Nachdem in dieser Art der vor die Seitenwände des Gerinnes vortretende bildet ist, versenkt man einen Dammbalken nach dem andern.

Unterstützung dieser Arbeit dienen nicht nur Windvorrichtungen, man kann auf die Pfeiler stellen kann, sondern es sind daselbst eiserne Böcke angebracht, worauf die Dammbalken sicher und alsdann bequem gefasst werden können.

Will man den Stau aufheben, so darf man nur das Vorlegeschild beseitigen, und den Haken aus der Oese schlagen, worauf die Säule sich sogleich so weit dreht, dass alle Balken gelöst vom Wasser fortgestossen werden. Fig. 252 c zeigt die Stellung, welche die Wendesäule in diesem Falle annimmt.

Statt der Wendesäule, die sich um eine vertikale Axe dreht, kann man zuweilen auch eine solche, die sich um eine horizontale Achse auf den Boden niederlegt. Fig. 192 a und b stellt eine solche Vorrichtung dar. Sie befindet sich auf dem Seille-Flusse vor der Einmündung desselben in die Saône und ist in den Jahren 1818 bis 1820 ausgeführt.^{*)} Die Freiarche hat im Ganzen 11 Oeffnungen. Sieben derselben zunächst an dem rechten Ufer sind für die Abführung des Hochwassers bestimmt. Jede ist 6 Fuss 6 Zoll weit, und die massiven Mittelpfeiler sind 4 Fuss hoch und stark. Die achte Oeffnung dient gleichfalls zur Abführung des Hochwassers, wird jedoch durch drei Schütze geschlossen, um geringe Anschwellungen abzuführen; die neunte Oeffnung endlich am linken Ufer ist der Schiffsdurchlass und führt zugleich das Betriebswasser einer Mühlenanlage zu.

Die ganze Anordnung der Stauvorrichtung ergibt sich aus der Zeichnung, woher wenig hierüber gesagt werden darf. Die Säule, welche die Dammbalken an der einen Seite hält, wird selbst durch einen vorgeschobenen starken eisernen Riegel unterstützt, den man leicht zurückschlagen kann. Unten ist die Säule mit einer Charniere versehen, und dieses wird von einem Balken gestützt, der eine zweite Schwelle bildet. Die Säule ist am Kopfe an einer Kette befestigt, deren anderes Ende in eine Oese am Pfeiler greift, wie Fig. 192 a zeigt. An dieser Kette kann man die Säule auf, wenn man den Stau wieder darstellen will, und einzelne Dammbalken trägt an dem Ende, womit er in der Nothwendigkeit liegt, eine besondere Kette, und die letzten Ringe

^{*)} *Annales des ponts et chaussées* 1836. I. Seite 180 ff.

sämmtlicher Ketten sind auf eine Stange in der Oberfläche des Pfeilers gezogen. Die Figur zeigt nur eine dieser Ketten.

Minard erwähnt^{*)} dass die Säule in diesem Falle mit großer Heftigkeit niederschlägt, und dadurch theils der Boden des Wehres leicht beschädigt wird, besonders aber das Charnier an der Säule selbst, wie stark man es auch machen mag, oft zerbricht.

§. 89.

Bewegliche Wehre.

Da die Wehre in den Flüssen nur zur Zeit des niedrigen Wassers gebraucht werden, und bei Anschwellungen mehr oder weniger wegen der unvermeidlichen Beschränkung des Durchlasses für die oberhalb gelegenen Gegenden nachtheilig sind, so liegt die Idee sehr nahe, den Wehren eine solche Einrichtung zu geben, dass sie bei höhern Wasserständen ganz beseitigt werden können. Es sind in dieser Beziehung schon seit langer Zeit vielfache Vorschläge gemacht worden, doch hat man erst seit einigen Jahrzehenden versucht, dergleichen bewegliche Wehre wirklich einzustellen. Da die Aufgabe ohne Zweifel eine der wichtigsten der Wasserbaukunst ist, so will ich die verschiedenen Vorschläge, soweit sie mir bekannt geworden, in der Hauptsache anführen, wiewohl durch keinen derselben, wie es scheint, eine vollständige Lösung herbeigeführt worden, und in allen Fällen noch immer ein festes, wenn gleich niedriges Wehr wirklich erbaut werden muss, um die bewegliche Stauvorrichtung darauf zu stellen.

Häufig hat man den Vorschlag gemacht, das Wehr aus einzelnen, neben einander gestellten Kästen zusammen zu setzen, in der Art belastet sind, dass sie bei kleinem Unterwasser auf der Sohle des Flussbettes aufstehn, bei Anschwellungen aber selbst gehoben werden und fortschwimmen. Die Schwierigkeit der Ausführung und namentlich der Aufstellung in heftiger Strömung stellen sich aber bei näherer Ueberlegung schon so bedeutend heraus, dass man, soviel mir bekannt, niemals einen Versuch gemacht hat, diese Idee bei Flusswehren wirklich in

^{*)} *Cours de construction*, Seite 132.

zung zu bringen. Bei den Schiffsdocks kommen allerdings Wehrungen dieser Art vor, aber in diesem Falle findet während Einstellens oder Ausfahrens derselben gar keine Strömung statt, indem zuvor auf beiden Seiten ein gleicher Wasserstand getreten ist.

Gewissermaassen stellt eine Reihe von nebeneinander angeordneten Freiarchen schon ein bewegliches Wehr dar, wobei die Archen entweder durch Schütze oder durch Dammbalken geschlossen werden können. Das Manöver derselben ist indessen sehr so mühsam und zeitraubend, dass man nur in solchen Fällen ihren Gebrauch macht, wo sehr bedeutende Menschenkräfte jederzeit disponibel sind. Man findet daher Anlagen dieser Art gewöhnlich nur neben Festungen, und zwar dienen sie alsdann zur Abwehr der fortificatorischen Inundationen.

Zur vollständigen Lösung der Aufgabe wäre erforderlich, dass der Druck des stehenden oder des strömenden Wassers selbst die nöthige Kraft abgäbe, wodurch die Stauvorrichtung beseitigt, und wieder dargestellt würde. Oder andererseits müsste diese Vorrichtung der erforderlichen Solidität ohnerachtet mit so geringer Reibung sich handhaben lassen, dass wenige Leute nicht nur dazu befähigt, sondern auch in kurzer Zeit damit fertig würden.

Bei der Schiffbarmachung oder vielmehr Kanalisierung des Delaware-Flusses in Pensylvanien, der bei Easton in den Delaware mündet, erbaute Josiah White im Jahre 1818 bewegliche Wehre, die nur durch den Druck des Wassers manövriert werden, und nannte daher hydrostatische Wehre nannte.^{*)} Sie dürfen eigentlich kaum Wehre genannt werden, da sie eigentlich nur Unterwerke von Kammer-Schleusen sind. Nichts desto weniger ist diese Einrichtung ohne Zweifel auch zur Darstellung eines vollständigen Wehres brauchbar. Fig. 193 a, b und c zeigt einen Theil des Grundrisses, und zwei Längendarschnitte mit der eingelegten und aufgestellten Stauvorrichtung, wie solche nach dem Modelle durch die Wiener Bauzeitung mitgetheilt sind.^{**)}

^{*)} Mich. Chevalier, *histoire et description des voies de communication aux états unis*. Paris 1843. Vol. II. Seite 464.

^{**)} Jahrgang 1843, Seite 334 und 335.

Der Stau wird durch ein Thor hervorgebracht, welches um eine horizontale Axe dreht, und nach auf den Boden an-gelegt werden kann. Dasselbe stützt sich, sobald es aufgerichtet ist, gegen ein zweites ähnliches Thor, dessen Drehungsaxe an der stromabwärts gekehrten Seite sich befindet. Dieses letzte ist nach Chevalier's Angabe noch einmal so lang, als das erste, was in der vorliegenden Zeichnung nicht übereinstimmt. Beide Thorschlüssen beständig möglichst dicht gegen einander, so wie auch gegen den Boden und beide Seitenmauern. Man kann daher den Druck des darunter befindlichen Wassers willkürlich verstärken oder schwächen, je nachdem man dieses mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung setzt. Die niedergeschlagenen Thore erheben sich, sobald das eingeschlossene Wasser den Druck des Oberwassers erhält, und sinken, sobald der Raum unter demselben mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt wird. Die beiden Schütze in dem Seitenkanale dienen zur Darstellung und Aufhebung der erwähnten Verbindungen. Damit aber die Thore nicht zu weit öffnen, sind vorstehende Leisten an beiden Seitenmauern angebracht, und überdies befindet sich an der unteren Seite des ersten Thores eine dritte Leiste, die in der Figur angedeutet ist. Die Thore dürfen sich nie so weit heben, dass sie nicht mehr recht gegeneinander stehen, weil sie in diesem Falle nicht mehr geschlossen werden könnten. Der Stau, der durch diese Vorrichtung erzeugt wird, beträgt in einem Falle 29 Fusa, in den andern sieben Schleusen ist er geringer. Ein Wehr dieser Art ist auch im Königreich Würtemberg in der Enz bei Besigheim mit vollständigem Erfolge zur Ausführung gebracht sein.

Andre Stau-Vorrichtungen legen sich von selbst nieder, sobald ein stärkerer Wasserdruck eintritt. Hierher gehört vorzugsweise das Doppelthor mit horizontaler Axe. Ein Thor oder eine Tafel lehnt sich, wenn sie aufrecht steht, mit ihrem unteren Rande gegen einen Falz im Wehrrücken. So lange das Oberwasser unter der Drehungsaxe sich befindet, vermehrt der Druck desselben die Stabilität der Tafel. Steigt das Wasser dagegen höher, so bildet sich oberhalb der Axe ein Gegendruck. Bei starken Pressungen werden aber (wenn das Unterwasser die Tafel nicht berührt) einander erst gleich, sobald das Oberwasser einmal so hoch über der Axe steht, als diese über dem Wehrrücken.

en. Steigt das Wasser noch höher, so wird der Druck auf dem obern Theil der Tafel stärker, als auf den untern, und die Tafel schlägt um.

Fig. 194 a, b und c zeigt das mit dieser Stauvorrichtung versehene Wehr von Riom im Departement Puy de Dôme.*) Es finden sich darin drei Oeffnungen, jede von 12 Fuss 9 Zoll hoch; die Thore oder Tafeln, aus doppelten Bohlen bestehend, sind 2 Fuss 3 Zoll hoch. Sie setzen sich fort bis in die Pfeiler, bewegen sich hier in Nischen, deren Ränder einestheils das Wasser stützen und das Durchquellen des Wassers mässigen, andertheils aber auch verhindern, dass die Tafeln zu weit übergehen. Im Uebrigen ergibt sich die Einrichtung aus der Zeichnung, und es ist dabei nur zu erinnern, dass beim Wiedereintritt des kleinen Wassers die Tafeln sich nicht von selbst aufrichten, sondern von den Pfeilern aus mit Haken gehoben werden müssen.

Dergleichen Drehthore oder Klappen lassen sich auch mit angehängte Gewichte in der aufrechten Stellung erhalten, in höhern Wasserständen geben die Gewichte aber nach, die Klappen legen sich nieder und erheben sich sogleich von selbst, sobald das Hochwasser verlaufen ist. Diese Einrichtung ist bei der Verbesserung der Ouse oberhalb York seit dem Jahre 1834 in Ausführung gekommen.**)

Die Ouse war früher nur bis Selby schiffbar: weiter aufwärts nach York betrug die Tiefe auf den Kiesbänken zur Zeit der niedrigsten Fluthen nur 5 Fuss. Man musste daher für diese Fahrten nur die Zeit der Springfluthen benutzen, und grössere Schiffe konnten überhaupt nicht hinaufgehen. Nachdem einzelne Kiesbänke durch Baggern beseitigt waren, erreichte man zur Zeit des Hochwassers eine Tiefe von 11 bis 12 Fuss.

Hierauf kam es darauf an, die Schifffahrt noch 20 Engl. Meilen weiter aufwärts bis Boroughbridge auszudehnen. Es bestanden daselbst bereits einige Schleusen nebst Wehren, aber die Wassertiefe in den zwischenliegenden Stromstrecken war unge-

*) *Annales des ponts et chaussées*, 1842. I. Seite 231 ff.

**) *Civil-Engineer and Architects Journal*, 1840. III. Seite 284.

nügend, und man dürfte mit Rücksicht auf die niedrige Lage keine Erhöhung der Wehre vornehmen. Nichts desto weniger zur Zeit des Sommers eine Hebung des Wasserspiegels um 12 Zoll noch zulässig. Hierzu dienten die erwähnten Klappen an den Wehren.

Zwei dergleichen Klappen, jede 74 Fuss lang, 18 Zoll breit und 4 Zoll stark, bestehend aus Kiefernholz, bilden die bewegliche Erhöhung des Wehres, dessen ganze Länge 148 Fuss beträgt. Sie stehen auf dem massiven Wehrrücken auf und werden von 10 zu 10 Fuss durch starke eiserne Charniere gehalten, welche ein Niederlegen auf den Wehrrücken gestatten, und in die Hausteine eingelassen und darin mit Blei vergossen sind. Der bewegliche Arm jedes Charnieres endigt in einen Zapfen von 12 Zoll Stärke, der über die Klappe vorragt. An diesen Zapfen sind flache Ketten befestigt, die sich auf eben so viele Schneckenräder aufrollen. Die letztern sind auf zwei eiserne Axen aufgesteckt, deren jede dieselbe Länge, wie die zugehörige Klappe hat. Diese Axen ruhen auf eisernen Stielen, die auf der nach aufwärts gekehrten Kante des Wehrrückens stehen. Neben jeder Seitenmauer trägt die Axe ein gezahntes Rad, das in ein Getriebe greift, und letzteres ist mit einer Rolle verbunden, woran ein Gegen-Gewicht hängt. Wenn diese Gewichte auf dem Boden stehen, so befinden sich die Klappen in lothrechtlicher Stellung. Dieses geschieht so lange, als das Wasser die Höhe von 6 Fuss über den Klappen oder, zwei Fuss über dem Wehrrücken nicht übersteigt. Schwillt das Wasser dagegen höher an, so gewinnt der Druck desselben auf die Klappen das Uebergewicht, und die Klappen legen sich flach nieder, so dass ihr Einfluss auf das Hochwasser ganz verschwindet. Sobald die Fluthen aber vorüber sind, sinken die Gewichte, und die Klappen stellen sich von selbst wieder auf. Diese Anordnung wurde vom Ingenieur Rhodes entworfen, geschlagen und ausgeführt, und sie soll in jeder Beziehung günstige Resultate gegeben haben.

Eine andre, sinnreiche Einrichtung solcher Klappen auf Wehren hat der Ingenieur Thénard am Isle-Fluss im Departement der Dordogne zur Ausführung gebracht.*) Dasselbe gewäh-

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1841. II. Seite 45 f.

den Vortheil des eben beschriebenen Systems, dass die Klappen nämlich flach auf den Wehrrücken niederlegen, sondern vor demselben noch den Vorzug, dass alsdann keine Stützen, monstige Theile des Apparates vorragen, und sonach selbst starker Eisgang darüber fortgehen kann, ohne Beschädigungen verursachen. Das Aufstellen und Niederlegen wird freilich durch den höhern oder niedrigeren Wasserstand selbst veranlasst, der Wärtter muss vielmehr mittelst eines Mechanismus, der vom Ufer aus regiert, gewisse Verbindungen lösen. Es ist jedoch hierin kein Nachtheil, da die Anstellung eines Wärtters wegen der Schleuse daselbst nothwendig ist. Die Bewegung der Klappen wird aber durch den Wasserdruck verursacht, erfolgt sonach ohne Anwendung äusserer Kräfte. Diese beweglichen Wehre waren theils 1828, theils 1832 zur Ausführung gekommen: in dem Berichte der Commission, welche dieselben 1841 besichtigte, ist von Beschädigungen und Reparaturen nicht die Rede, woher man wohl annehmen muss, dass solche nicht in auffälliger Weise vorgekommen sind.

Fig. 195 a, b, c und d auf Taf. XLVII zeigt eins dieser Wehre in der Ansicht vom Oberwasser aus, im Grundrisse und in zwei Profilen. Die ganze Länge des Wehres beträgt 151 Fuss. In der Mitte desselben liegt eine Schiffsschleuse und zwei Gerinne. Der Stau wird durch diejenigen Klappen bewirkt, die dem Unterwasser zunächst liegen, und die stromabwärts niederechlagen. Wenn sie aufrecht stehn, wie Fig. c zeigt, so werden sie in dieser Stellung durch eiserne Streben gehalten, die sich gegen den Rücken des Wehres stützen. Man braucht diese Streben nur zu entfernen, so hört diese Unterstützung auf, und die Klappen schlagen unter dem Drucke des Wasser von selbst nieder. Zu diesem Zwecke dient eine eiserne Stange, die sich über die Länge nach über das Wehr hinzieht, und an dem einen Ende mit Zähnen versehen ist, welche von einem Getriebe gefasst werden. Dieses Getriebe wird durch eine auf die Axe desselben eingesteckte Kurbel in Bewegung gesetzt. Die Riegel, welche die Klappen halten, werden aber nicht sämmtlich auf einmal gehoben, sondern die eiserne Stange greift in einen nach dem andern, und zwar fasst sie jedesmal einen folgenden, nachdem sie sich um 1½ Linien weiter geschoben ist. Dieses wird dadurch

erreicht, dass die Entfernung der Ansätze auf der Stange von der Verschiebung der Riegel geschieht, etwas grösser ist, als die Entfernung der einzelnen Riegel. Das Zurückziehen der Stange, um die Klappen wieder aufstellt, erfolgt gleichfalls mit dem erwähnten Getriebe.

Die Ausrichtung der Klappen gegen den Wasserdruck ist meistens sehr schwierig sein, wenn man den Druck nicht zu dem dieser Zeit beseitigen könnte. Hierzu dienen die Gegenklappen, die stromaufwärts niederschlagen. Sie sind gewöhnlich sowohl bei kleinem, wie bei hohem Wasser niederschlagen und werden jede mittelst eines Federhakens in einen Ringel mit dem Kopfe eines davorstehenden Pfahles befestigt ist. Die Riegel werden von indessen ganz in derselben Art, wie die Klappen, die die Klappen halten, durch eine zweite eiserne Stange, die an zweites Getriebe auslösen, und zwar wieder nicht gleichzeitig, sondern einer nach dem andern. Sobald einer von der Stange sich löst, lässt der Strom, der längs dem Vorboden des Wehres ansteigt, die Gegenklappe, und richtet sie soweit auf, als die Klappen dieses erlauben. Das Wasser wird alsdann durch sie hindurch, und es vergeht jedenfalls mehrere Minuten, bis das Wasser über sie herüberfliesst. In dieser Zwischenzeit bleibt der Theil des Wehrrückens trocken und der Wärter hat Gelegenheit, ohne alle Gefahr mittelst einer Leiter auf das Wehr hinaufsteigen und eine Klappe nach der andern aufzurichten, so wie auch früher alle Riegel eingestellt waren, so dass die Stange ihnen bequem leicht lehnen. Die Operation wird an der Seite fortgesetzt, wo der Wärter herabsteigt, und von hier bis zum andern Ende fortgesetzt. Alsdann wartet der Wärter so lange, bis das Wasser den obern Rand der Gegenklappen erreicht und die Gegenklappen den Stau verursachen. Sobald dieser Zeitpunkt erreicht, hört der Druck auf alle Gegenklappen auf, und man kann leicht und schnell eine derselben nach der andern von der Stange niederstossen, so dass der Federhaken auf sie losfällt und sie festhält.

Die Commission, welche die auf dem Tale ausgeführten Anlagen dieser Art untersuchte, spricht die Ansicht aus, dass

Die Klappen sehr sicher 3 bis 4 Fuss hoch machen dürfe, aber im letzten Falle zweckmässig sei, die Länge der auf 1 Meter oder auf 3 Fuss 2 Zoll zu beschränken. Am ehesten kann der Stau bei niedrigem Wasserstande auch Thore hervorgebracht werden, die sich um vertikale Achsen drehen. Damit dieselben sich indessen beliebig öffnen und schliessen lassen, und nicht durch den Wasserdruck in ihrer Stellung zu fest gehalten werden, muss man ihnen zwei Flügel geben, oder die Axe in die Mitte, oder wenigstens ziemlich nahe derselben anbringen. Indem man durch Öffnen von einem Flügel den Druck auf einen oder den andern Flügel verstärkt, so erlauben sie unter allen Umständen ein leichtes Öffnen und Schliessen, auch tritt hierbei noch der Vortheil ein, dass das obere Ende der Drehungsaxe über Wasser liegt, und sonach immer in der Hand bleibt, durch kräftige mechanische Vorrichtungen die Klappen zu unterstützen und sicher zu leiten. Ein grosser Nachtheil dieser Anordnung liegt aber darin, dass die Thore, wenn sie auch geöffnet sind, mitten im Strome stehen, und daher Beschädigungen beim Eisgange stark ausgesetzt bleiben. Man kann nur derjenige Flügel, der sich stromaufwärts gegen eine Schwelle oder einen Falz in dem Boden gedreht, während der stromabwärts aufschlagende, durch den Wasserdruck von diesen Schwellen und Falzen entfernt, nicht gegen gedrückt wird. Solche Thore müssen daher in einer sehr festen Verbindung haben, und dieses ist wieder nicht möglich, wenn ihre Breite nicht bedeutend ist. Hierin liegt der Grund, der ihrer Anwendung als Stau-Vorrichtung sehr hinderlich ist. Nichts desto weniger sind sie zu diesem Zwecke doch vorgeschlagen und zuweilen auch wirklich in Ausführung gebracht.

Die Gesellschaft, welche den nordöstlichen Theil von London versieht (*East London Water Works Company*) musste wegen des immer zunehmenden Bedürfniss im Jahre 1833 auf die Vermehrung des Wasserquantums Rücksicht nehmen. Zur Zeit der Vollschwellt der Lea Fluss merklich an, während zur Zeit der geringen sein starker Abfluss zum Betriebe verschiedener Mühlen. Der Abfluss war aber bedeutender, als dass er ganz von

den Mühlen benutzt werden konnte. Es dürfte daher ein Theil des Flathwassers in einem Seiten-Bassin zur Speisung der Wasserkraftleitung aufgefangen werden, doch musste man zugleich die erforderlichen Vorkehrungen treffen, um etwaigen Beschwerden der Mäler zu begegnen. Die Anlage des Seiten-Bassins wurde daher unter der Bedingung genehmigt, dass auf Erfordern der Mäler durch Zurückleitung des Wassers sogleich jedem Mangel vorgebeugt würde. In solchem Falle werden daher die Thore schnell geöffnet, und da die Niveau-Differenz nur wenige Zolle betrug, so muss eine recht grosse Oeffnung dargestellt werden, um das erforderliche Wasserquantum schnell genug wieder abzugeben. Hierzu werden die in Rede stehenden Drehthore benutzt.

Die von Wicksteed getroffene Anordnung der Thore ist in Fig. 200 a, b und c auf Taf. XLVIII im Grundrisse und in der Seiten- und vordern Ansicht und im Querdurchschnitte dargestellt. Jede der drei Oeffnungen ist 92 Fuss weit und wird durch ein Drehthor geschlossen, deren Axen sich genau in ihrer Mitte befinden. Der Druck des Wassers gegen beide Flügel ist also gleich gross, und das Oeffnen und Schliessen erfolgt durch ein Getriebe, das in einen gezahnten Quadranten an der Axe eingreift. In dieser Beziehung unterscheiden sich die Thore schon von den gewöhnlichen Drehthoren, die in den Spülschleussen bei Seehäfen vorkommen. Eine andre Eigenthümlichkeit besteht aber darin, dass diejenigen Flügel, welche beim Oeffnen der Thore das Bassin, also ins Oberwasser treten, wenn sie geschlossen sind, sich gegen einander stemmen, wie Schleussenthore, und zugleich an Schlagschwellen lehnen. Die andern Flügel werden aber, so lange die Thore geschlossen bleiben, jeder durch einen eiserne Daumen in eine Nische der Mauer gepresst. Hierbei wird dem Durchbiegen der Thore vorgebeugt, welches sonst bei der grossen Länge derselben unfehlbar bald eintreten und einen starken Wasserverlust verursachen würde. Endlich sind die Thore auch viel grösser, als andre Drehthore, und dieses war hier nöthig, da sie nur einem geringen Wasserdrucke ausgesetzt waren. Die Laufbrücke, welche zugleich die obere Axe der Thore

*) *Civil Engineer and architect's Journal.* 1840. III. Seite 10.

und daher sehr steif sein muss, besteht aus zwei Ortbalken, denen welche theils hölzerne Strebe-Bänder, theils gusseiserne Stangen eingeschoben sind, wie Fig. 200 d zeigt.

Prony hat die Anwendung ähnlicher Thore zur Darstellung eines Staues für das kleine Wasser in Strömen vorgeschlagen, welchen Entwurf dieser Art für die Seine bei Poissy bearbeiten und bekannt gemacht. *) Wenn gleich dieses Project nicht zur Ausführung gekommen ist, es sogar nur als erste Idee ohne bestimmte Angabe der Specialien mitgetheilt wird, auch mancherlei Bedenken gegen die Anwendbarkeit desselben sich aufdrängen, so ist es doch schon wegen des um die Wasserbaukunst so viel verdienten Verfassers, hier nicht mit Stillschweigen übergehen werden. Vieles, was sonst unausführbar und ganz unbrauchbar erschien, zeigt sich bei der weiter ausgebildeten und wirklichen Fortschritte begriffenen Technik nicht nur sehr wohl ausführbar, sondern auch im Gebrauche ganz sicher, und durch besondere Zufälligkeiten bedroht. Es erscheint daher keineswegs unmöglich, dass auch dieser Vorschlag einst Eingang findet. Er ist aber in einer Beziehung vor allen übrigen beweglichen Thoren einen grossen Vorzug, in sofern das Wasser, welches durch den Stau abgeführt wird, nicht darüber stürzt, sondern sanft abfließt und sonach jede Ablagerung, welche die Bewegung des Apparates erschweren könnte, verhindert wird.

Aus dem Grundrisse Fig. 201 ergibt sich schon die ganze Einrichtung. Die Schifffahrt erfordert Durchlass-Oeffnungen von wenigstens 12 Meter Weite, damit die Schleusse zur Seite wenigstens mit der etwas höhern Wasserstände nicht benutzt werden darf. Die übrigen Oeffnungen durften dagegen bedeutend schmaler sein. Es sind sieben Oeffnungen zu 28 Fuss 8 Zoll und sechs tieferliegenden zu 38 Fuss 3 Zoll angenommen. Die Pfeiler, welche die Axen der Thore halten, und zugleich dieselben, während sie geöffnet sind, vor allen Beschädigungen sichern, sind weit anders, als gewöhnliche Eisbrecher, die bei dem dortigen starken Eiskange wohl hinreichend fest sein mögen. Jedes

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1835. II. Seite 325 ff.

Thor besteht wieder aus zwei mit einander verbundenen Flügeln. Der längere Flügel ist stromaufwärts gekehrt, und dient zur Verschliessung einer Hälfte der anliegenden weiten Oeffnung. Seine Länge beträgt nahe 24 Fuss; der kürzere Flügel dagegen zu einer schmalen Oeffnung, ist stromabwärts und nur etwas über 19 Fuss lang. Diese Flügel, die ganz aus Holz oder mit Anwendung starker gusseiserner und Rahme erbaut werden sollen, reichen nicht bis zum Grundbette herab, sondern lassen dazwischen einen Raum, der bei der beabsichtigten Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser während der niedrigsten Wasserstände zur Ablassung der ganzen Wassermenge hinreicht. Wird letztere geöffnet, so öffnet man, soweit es nöthig ist, einige Schütze in den Flügeln, wodurch die Thore sich von selbst drehen. Wenn die Thore geöffnet sind, stehen sie ihrer ganzen Länge nach in der Mitte der Eisbrecher, also möglichst gesichert. Diese Anordnung ist auf der rechten Seite der Figur angegeben. Sind die Thore aber geschlossen, so stemmen sie nicht nur mit den längeren Flügeln gegen einander, sondern es lehnt sich auch jedes Thor auf drei Pfähle: zwei von diesen gehören zum Eisbrecher, der dritte steht jedesmal in der Mitte der grössern Oeffnung und ist so abgeschnitten, dass nur eben die Schwellrahmen der längeren Flügel dagegen stossen. Auf diese Weise ist es leicht, jedes Thor in die passende Stelle zu bringen, und es darin zu halten. Statt der gewöhnlichen Schütze ist noch die Anwendung von kleinen Thoren empfohlen: es sollen am Ende jedes längeren Flügels derselben von 1 Fuss 9 Zoll Breite angebracht werden, welche jedes seine Drehungsaxe in der Mitte hat, und die eben die grossen Thore, an dem einen Ende stromaufwärts, an dem andern stromabwärts mit dem nächsten ähnlichen Drehthore zusammenschlagen. Diese kleinern Thore sollen von einer Brücke aus, die auf den grossen Thoren angebracht ist, geöffnet werden. Hat man sie geöffnet, so reducirt sich die Länge des längeren Flügels, soweit der Wasserdruck darauf wirkt, auf 18 Fuss. Der kürzere Flügel ist also in diesem Falle stärkerem Drucke ausgesetzt, und das Thor öffnet sich von selbst. Es wird ausserdem noch der Vorschlag gemacht, durch die

achtungen vom Ufer aus der Bewegung zu Hülfe zu kommen und dieses möchte auch wohl nothwendig sein, wenn man die schmalen Drehthore bei der Drehung des grossen Thorfortwährend verstellen wollte, denn ohne dieses würden sie Stosse des Wassers wieder ausgesetzt, sobald sich das Thor Pfeilern näherte.

Endlich werden bewegliche Wehre auch noch in der Art gebaut, dass man auf die Sohle des Flussbettes, oder auf eine feste Fundirung, eine Schwelle legt, und über dem Wasser recht darüber einen zweiten horizontalen Balken als Griesholm anbringt. Letzterer muss mit einer Vorrichtung zum Drehen versehen sein, damit man ihn bei höherem Wasser oder auch

Durchgange der Schiffe an das Ufer oder einen Mittelpfeiler ziehen kann. Gegen die Schwelle und diesen Balken lehnt man sich, sobald der Stau eintreten soll, schmale Latten oder Pfähle von Holz, die sich möglichst scharf berühren, und so, wenn es erforderlich ist, das Wasser vor sich aufstauen. Frankreich sind Vorrichtungen dieser Art schon seit langer Zeit üblich, sie haben aber seit wenig Jahren daselbst die sehr schnelle Vervollkommnung erhalten, dass der Griesholm nicht aus einem Stücke besteht, sondern aus kleinern Theilen, die durch eine Reihe beweglicher Böcke unterstützt werden.

Während man sonst in geringen Abständen von einander auf Pfeilern erbauen musste, sind diese durch die angedeutete Veränderung entbehrlich geworden, und man kann ein solches Wehr über breite Flüsse und Ströme ohne Unterbrechung ausbauen. Sobald aber das Hochwasser oder der Eisgang eintritt, kann man nur die eingestellten Nadeln und die Laufbrücke bewegen, denn der ganze übrige Theil des Werkes legt sich auf den Unterbau flach nieder, und die Fluthen gehen darüber fort, ohne den Apparat zu beschädigen, oder selbst dadurch behindert zu werden.

Fig. 202 a und b zeigt in der Ansicht und im Durchschnitte eine ältere Einrichtung. Die Sohle des Flussbettes ist befestigt und gemeinhin mit einem hölzernen Boden, wie eine Freilegung, versehen. Die Grundbalken darin liegen indessen ziemlich weit auseinander, sind nur schwach und ihre Unterstützung durch die

Grundpfähle ist gemeinhin auch nicht besonders sicher, oft ganz. Man pflegt diese Mängel theils durch Anlegen eines Pflasters aus schweren Steinen unter dem hölzernen theils aber auch dadurch zu ersetzen, dass die Grundbalken unter die Pfeiler reichen, und auf diese Art einen liegenden bilden. Eine starke Schwelle tritt über den Vorhoden vor, neben oder unter derselben befindet sich eine leichte Sperrleiste. In den massiven Pfeilern zu beiden Seiten sind zwei Pfeiler gemauert: der eine derselben trägt den beweglichen Balken Griesholm, und ein eingeschlagener Bolzen bildet dessen Drehachse. Der Pfahl auf dem gegenüberstehenden Ufer ragt falls über die Oberfläche des Pfeilers vor, und der bewegliche Balken lehnt sich entweder unmittelbar dagegen, oder wird durch eine Klinke oder einen Riegel gehalten. Der bewegliche Balken ist auf der stromabwärts gekehrten Seite mit einer leichteren Lehne versehen, seine vordere Seite liegt aber lothrecht auf der stromaufwärts gekehrten Kante der Schwelle. Das hintere Ende des Balkens muss das Gegengewicht bilden, und auf demselben ist ein Kasten angebracht, worin man Steine legt.

Die Nadeln aus recht gerade gewachsenem Holze geschnitten sind bis 10 Fuss lang, 2½ Zoll breit und 2 Zoll stark werden, wie Fig. 202 b zeigt, in der Art eingesetzt, dass sie schräge gegen den Strom in das Wasser stösst, wo sie sich sogleich an die Schwelle lehnen. Wenn aber die zuversetzte Nadel von der vorhergehenden zu weit absteht, so kann sie etwas, so dass die Strömung zwischen beiden hindurch alsdann wird sie durch den Wasserdruck von der andern herabgeschoben. Auf vollständige Wasserdichtigkeit ist es indessen hierbei überhaupt nicht an. Am obern Ende sind die Nadeln cylindrisch abgerundet, damit man sie bequem fassen kann; ausserdem sind sie hier mit einer Oese versehen, und nachher sämmtlich eingestellt worden, zieht man durch alle Oesen eine Leine, deren beide Enden am beweglichen Balken befestigt sind.

Will man die Stau-Vorrichtung entfernen, so braucht man nur das Ende des Drehbalkens zu lösen. Man schlägt die Klinke oder den Riegel zurück, oder falls der Pfahlkopf

Stützpunkt bildet, so muss das Gewicht auf dem kürzern so vergrössert werden, dass dasselbe niedersinkt. In dem andern Falle wird der Drehbalken frei, die Stau drängt ihn stromabwärts und schiebt ihn bis über den Pfeiler, welchem seine Drehungsaxe sich befindet. Alle einzelnen Lu, welche die Stauwand bildeten, werden dabei frei, und folgen dem Balken, an welchen sie mittelst der erwähnten Leine hängen sind.

Auf diese Weise lässt sich das Wehr bei eintretender An- stellung in sehr kurzer Zeit und fast momentan entfernen. Die Stellung desselben erfordert allerdings mehr Mühe, doch kann geübter Arbeiter, wenn ein Gehülfe ihm die Nadeln zuträgt, in so vielen Minuten damit fertig werden, als die Länge der Stauwand Fusse enthält. Die Oeffnungen, welche auf diese Art geschlossen werden, sind bis 12 Meter oder 38 Fuss weit.

Emmery hat manche Verbesserungen hierbei eingeführt, die zum Theil auf eine solidere Construction und eine bequemere mehr gesicherte Operation, hauptsächlich aber darauf bezieln, dass der Drehbalken nicht mehr über der Oberfläche der Pfeiler so dass einerseits die Nadeln weniger lang, andererseits aber die Pfeiler höher werden können. Die Aenderung besteht darin, dass der Drehbalken an einer vertikalen Wendesäule zur Seite des Pfeilers befestigt ist, und durch zwei eiserne Zugbänder in einer horizontalen Lage gehalten wird. Die Wendesäule ist sowohl oben als unten mit Zapfen versehen, die sich in eiser- nen Pfannen drehen.^{*)} Ein Wehr dieser Art ist zwei Stunden oberhalb Paris in der starken Serpentine der Marne angebracht, wo es durch den Kanal von St. Maur abgeschnitten wird.

Wenn es darauf ankommt, einen recht wasserdichten Schluss zu stellen, was gemeinhin nicht nothwendig ist, so kann man auch unter Beibehaltung des Drehbalkens oder beweglichen Gries- sen noch dadurch erreichen, dass man zwei Reihen Nadeln anstellt, und zwar so, dass die Fugen der einen Reihe jedesmal mit den Nadeln der andern Reihe gedeckt werden. Man kann

^{*)} *Annales des ponts et chaussées.* 1838, I. Seite 203 ff.

die Nadeln auch verstärken und wie Setzpfosten aufeinander verschn. Sie werden aladann aber nicht mehr unmittelbar aufeinander, sondern so eingesetzt, dass sie zwischen sich kleine Zwischenräume von etwa 15 Zoll offen lassen. Man schließt aladann die noch bleibenden Oeffnungen durch kleine Schwellen von etwa 1 Fuss Höhe, die über einander gestellt werden, von denen jede mit einem besondern Stiele verschn ist. Fig. 203 zeigt die letzte Vorrichtung in der Ansicht von der stromaufwärts gekehrten Seite und aus dem Grundrisse Fig. 203 b erzieht man wie die Schwelle und der Griesholm eingeschnitten sind, um die richtige Einstellung der Setzpfosten zu erleichtern. Stau-Vorrichtungen dieser Art kommen in den Schiffsdurchlässen der Mayne Sarthe und des Loir vor. *)

Die bereits oben angedeutete Verbesserung der beweglichen Wehre mit vorgesetzten Nadeln, wodurch die Ausdehnung derselben nicht mehr auf die Länge eines Balkens beschränkt ist, sondern eine Durchbauung der breitesten Flüsse ohne Aufstellung von Mittelpfeilern gestattet, ist von dem Ingenieur Poiret ausgegangen. Das erste Wehr dieser Art scheint dasjenige zu sein, welches der Ingenieur Chanoine beschrieben hat. **) Es befindet sich in der Yonne unterhalb der Mündung des Bourgoigne-Canals neben dem Städtchen Epineau. Bald darauf (1840) ist ein ähnliches Wehr in der Seine ohnfern Paris (wahrscheinlich bei Poissy) erbaut. Die Resultate beider sind, so viel darüber bekannt geworden, in jeder Beziehung befriedigend ausgefallen und man hat seit dieser Zeit auf mehreren andern Strömen Frankreich ähnliche Anlagen zur Ausführung gebracht, obgleich indessen bereits manche Aenderungen eingeführt sind. Ich gebe für die folgende Beschreibung das Wehr bei Epineau.

Dasselbe ist in seinem beweglichen Theile 223 Fuss lang. Der gemauerte Boden desselben hat, wie Fig. 197 zeigt, eine Breite von nahe 32 Fuss, und liegt in seinem höchsten Theile 15 Fuss 4 Linien unter dem kleinen Sommerwasser. Diese Höhe ist

*) *Recueil de dessins relatifs à l'art de l'Ingénieur* 1

**) *Annales des ponts et chaussées*, 1839, I. Seite 230

Der des natürlichen Flusshettes ungefähr überein. Das Mauer-
des Bodens ist durchschnittlich nahe 4 Fuss stark. Durch
Boden zieht sich der Länge nach eine vertiefte Rinne von
3 Zoll Breite hindurch. In diese ist der hölzerne Rah-
eingelegt und verkeilt, welcher die beweglichen eisernen
trägt.

Die ganze Anordnung ergibt sich aus Fig. 196 a, b und c.
Ränder der erwähnten Rinne sind nicht senkrecht aus-
getrieben, sondern treten an beiden Seiten schwalbenschwanz-
artig zurück. An der stromabwärts gekehrten Seite lehnt sich
eine hölzerne Schwelle von entsprechender Form dagegen. Strom-
aufwärts thut dieses ein hölzerner Rahmen, der in Abständen von
2 Zoll von Mitte zu Mitte durch eingestampfte Riegel
verbunden ist. In den Zwischenraum zwischen der Schwelle und
Rahmen sind hölzerne Doppelkeile in Entfernungen von
6 Zoll eingetrieben, wodurch die ganze hölzerne Ver-
ewicklung in der Rinne festgehalten wird.

Diese Befestigungsart ist so einfach, dass man keineswegs
die ganze Baustelle trocken legen darf, um den Rahmen heraus-
nehmen, oder wieder einzusetzen. Nach der Mittheilung von
Moine lässt sich dieses noch ohne Schwierigkeit ausführen,
wenn auch ein Wasserstand von 3 Fuss darüber stattfindet. Die
Wellen und Langhölzer der Rahmen stossen aber nur stumpf
aneinander. Bei neuern Anlagen dieser Art hat man jedoch
die Schwelle ganz fortgelassen, und indem der stromabwärts ge-
kehrte Falz der Rinne in dem massiven Boden senkrecht aus-
getrieben ist, so kann der Rahmen unmittelbar gegen die Werk-
stoffe festgekeilt werden.

An den beiden innern Seiten der Langhölzer des Rahmens,
sogar jedesmal über der Mittellinie eines Riegels, befinden sich
eisernen Pfannen, worin die Axen der Böcke liegen. Diese
Pfannen sind wieder so eingerichtet, dass man die Böcke unter
Wasser ausheben und wieder einstellen kann. Fig. 198 a
gibt die Ansicht derjenigen Pfanne, welche stromaufwärts liegt.
Sie ist nur mit einem runden Loche versehen, in welches man die
Achse steckt; die gegenüberstehende Pfanne Fig. 198 b hat dagegen
an dem Loche, worin die Achse liegt, einen nach oben erweiterten

Sehlitz, durch welchen man die Axe jedesmal hindurchziehen kann, der aber, nachdem dieses geschehn ist, durch einen eisernen Ring geschlossen wird. Die eisernen Böcke stehen indessen nicht auf den erwähnten Pfannen, sondern da ihre Axen die darunter befindlichen Riegel berühren, so tragen die letztern gleichfalls einen Theil der Last.

Die Böcke in der Höhe von nahe 7 Fuss sind aus Stangeneisen zusammengesetzt, und zum Theil künstlich verzapft und vernietet. Nur das obere Ende der Stange wird durch eine Schraube gehalten. Das Stangeneisen ist 1 Zoll 6 Linien stark und ebenso breit. Das Gewicht des einzelnen Bockes ist so gross, dass zwei Arbeiter von der Laufbrücke aus ohne besondere Anstrengung ihn mittelst der Kette aufrichten können. Diese Kette ist an einem Bügel befestigt, der aus dem Kopfe der erwähnten Schraube tritt. Die Kette ist aber hierbei keineswegs unentbehrlich, vielmehr lassen geübte Wärter auch eben so leicht mit einem Haken an dem obern Rahmen des Bockes und richten letztern dadurch auf. Man pflegt daher während des Winters die Ketten ganz auszuliegen, weil sie häufig von treibenden Gegenständen gefasst werden, und alsdann nicht nur selbst Beschädigungen ausgesetzt sind, sondern auch Veranlassung geben, dass solche Gegenstände am Wehre aufgehalten werden und starke Kiesablagerungen verursachen.

Beim Aufstellen des Wehres wird jeder einzelne Bock von dem Wärter und dessen Gehülfen aufgerichtet. Sobald er nahezu senkrecht steht, und eine mässige Kraft genügt, um ihn zu halten, überlässt der Wärter dem Gehülfen dieses Geschick und greift mit dem vordern Einschnitt des Hakens Fig. 109 den obern Riegel, worauf er den zweiten Einschnitt desselben Hakens auf den bereits festgestellten, nächst vorhergehenden Bock legt. Alsdann wird die Verlängerung der Laufbrücke vorgenommen, indem drei kurze Bretter von 4 Fuss Länge neben einander so vorgelegt werden, dass sie theils die frühere Ueberbrückung, theils den neu aufgerichteten Bock reichlich überdecken. Der erste Einschnitt in der ersten Fuge greift ein Bolzen durch den Bohlenbelag hindurch. Dieser dient theils als Marke für die richtige Lage der Bretter, hauptsächlich aber als fester Stützpunkt.

Richten des nächsten Bockes, indem der Wärter während Operation einen Fuss dagegen stemmt.

Sobald die Verlegung der Brücke geschehn ist, werden noch Richteisen, 1 Zoll hoch und nahe 2 Zoll breit und mit zwei Enden versehen (Fig. 199 b) auf die beiden letzten Böcke gelegt, worauf der Haken fortgenommen werden kann, der nur die letzten Bock halten sollte. Das eine dieser Eisen ist vor dem erwähnten Schraubenkopfe und bildet den Griesholm, der später die Nadeln gelehnt werden, das andere, welches höher sein kann und zuweilen ganz fortgelassen wird, liegt, wenn es überhaupt anzuwenden will, auf dem stromabwärts gerichteten Ende des Rahmens.

Auf diese Weise können zwei Mann die Aufstellung der ganzen Wehre bewirken, doch wird gewöhnlich noch ein dritter Arbeiter benutzt, der namentlich die Bretter und Richteisen zuträgt. Niederlegen erfolgt in umgekehrter Reihenfolge, jedoch in der Weise, so dass es keiner weitern Beschreibung bedarf. Was indessen noch darauf aufmerksam gemacht werden muss, ist, dass es nothwendig ist, alle Böcke aufzustellen, oder alle zu legen, da jeder derselben, sobald er auf einer Seite die nöthige Verbindung erhalten hat, schon ganz sicher steht. Man kann also, wenn Oeffnungen für die Schifffahrt frei bleiben sollen, diese sehr leicht am Ende des Wehres darstellen. Der letzte Bock legt sich gleichfalls ganz nieder, und zwar in eine tiefe Nische, die zu diesem Zwecke in dem massiven Wehr angebracht ist.

An beiden Enden des Rahmstückes von jedem Bocke sind nach aufwärts gekehrte Eisen angebracht, die aber der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung grossentheils nicht angezogen sind. An der stromaufwärts gekehrten Seite ist nur ein Paar Zolleisen und dient theils dazu, das Herabfallen des Richteisens zu verhindern, theils aber auch um die letzte Nadel zu halten, falls der folgende Bock niedergelegt wäre und sonach hier das Ende der aufgestellten Stauwand sich befände. Das Eisen an der andern Seite ragt etwa 1 Fuss über der Laufbrücke vor, und hat gleichfalls den Zweck, das zweite Richteisen zu halten, ausserdem aber

dient es als Lehne, um die Nadeln dagegen zu packen, wenn sie beigetragen oder ausgehoben sind.

Die Nadeln, aus geradsäsrigem Holze geschnitten 7 Fuss 9 Zoll lang, 2 Zoll 8 Linien breit und 1 Zoll stark. Sie lehnen sich oben gegen das erwähnte Richten des Griesholms, der einen Bock mit dem andern verbindet, gegen das vordere Langholz des Rahmens, das zu Zwecken mit einer eisernen Schiene beschlagen ist. Vor jedem Bocke befindet sich in diesen Schienen ein kleiner Sprung, der das untere Ende der Nadeln in gleicher Weise zurückhält, wie dieses an ihrem obern Ende geschieht. Dadurch erhält auf diese Weise bei jedem Bocke eine Lehne, wodurch der lehrrechten Stand der Nadeln beurtheilen kann.

Der laufende Fuss dieses Wehres kostete mit der Einrichtung, den Landpfeilern und allem Zubehör 175 Thaler. Für den ersten Versuch brauchte man zum Abnehmen des Wehres und zum Ausheben der Nadeln als zum Niederkommen der Bänke, für jeden Fuss Länge 32 Sekunden und für das Aufsteigen 37 Sekunden. Doch zeigte sich bald, dass die Bewegung der Wälder viel schneller von Statten

Sehr wichtig ist ohne Zweifel die Frage, wie die Nadeln beim Hochwasser verhält, und ob nicht vielleicht grobe Massen sich darüber legen, die das spätere Aufrichten erschweren, oder daher die Anwendung ungewöhnlicher Mittel nöthig machen. Dessen Besorgniss erscheint nach Allem, was dazu bekannt geworden, und soweit Privat-Erkundigungen reichlich begünstigt. Chanoine sagt, dass allerdings zuweilen Ablagerungen der Rinde im Grundbette ausfüllen, dass aber dennoch das Aufrichten ganz sicher ausgeführt werden kann, wenn man die Rinde mit Sand oder Kies bedeckten Bock, soweit es nöthig ist, hebt und wieder zurückfallen lässt. Die Ablagerungen, die darauf in der Rinne noch zurückbleiben, lassen sich mit einem Mittelschiff leicht beseitigen, wenn man einen starken Strömungsbauet, und hierzu bietet das Wehr selbst eine sehr gute Gelegenheit. Man braucht nämlich nur an der Stelle, wo die Strömung stattfinden soll, die Nadeln fortzunehmen.

der übrige Theil der Wand geschlossen ist. Auf diese Art ist gewiss mit keiner Schwierigkeit verbunden, sobald die Rüstung steht, das Grundbette und die Rinne durch Spülvollständig zu reinigen. Ausserdem leidet es aber wohl kein Zweifel, dass, wenn auch hin und wieder ein Bock so verankert sein sollte, dass er mit der Kette oder dem Haken nicht zu bewegen wäre, man bei seiner geringen Entfernung der bereits aufgestellten Brücke mit Handbaggern die Bewegung des Kieses oder Sandes leicht so weit bewirken könnte, die Aufstellung möglich würde. Auch dürfte in diesem Falle wahrscheinlich die Schwierigkeit schon jedesmal von selbst verwinden, wenn man die Nadeln, so weit die Brücke steht, vollständig einsetzt, und dadurch noch ehe der Bock gehoben den verstärkten Strom darüber leitet, der die Aufräumung bewirkt. Die Verhältnisse sind in dieser Beziehung genau dieselben, wie beim Bühnenbau; der bereits stehende Theil des Bockes ist nichts Andres, als eine senkrechte Bühne mit sehr hohem Kopfe, und ebenso wie ein solches Werk unter andern Umständen eine grosse Vertiefung vor sich erzeugt, wird auch in diesem Falle der auf dem Grundbette des Wehres liegende Kies und Sand fortgespült werden.

Zuweilen, wie z. B. auf der Saône zwischen dem Rheinkanal und Lyon bildet die in Rede stehende Vorrichtung nicht das eigentliche Wehr, sondern nur einen Aufsatz desselben, der auf dem festen Wehrrücken nahe 10 Zoll über dem kleinen Wasser liegt. *) Bei dieser Anordnung hören ohne Zweifel die Ablagerungen ganz auf, wie auf jedem andern Wehrrücken, oder im ersten Falles sind sie doch nur auf unbedeutende Ablagerungen der Rinne selbst beschränkt. Aber auch das Letzte kann hier nicht erfolgen, indem die Laufbrücke aus Blechtafeln zusammengefasst ist, die am obern Rahmstücke jedes Bockes befestigt sind, indem sie mit diesen zugleich niedergelegt werden, eine Decke bilden, welche die Rinne mit dem ganzen Apparate ziemlich vollständig verschliesst. Die Details dieser Anordnung sind bisher nicht bekannt geworden.

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1845. I. Seite 10 ff.

Ein grosser Vorzug dieser Wehre besteht darin, dass man nach Massgabe der jedesmaligen Zuflüsse durch Ausheben der Nadeln den Wasserstand in beliebiger Höhe halten kann. Es ist aber vortheilhaft, die Durchströmung nicht auf einzelne Stellen concentriren, sondern sie möglichst gleichmässig über das ganze Wehr zu vertheilen. Die Wärter erlangen in dieser Beziehung sehr bald ein richtiges Urtheil, so dass sie nicht durch Ausheben und Wiedereinstellen der Nadeln längere Versuche über das jezeitige Bedürfniss machen dürfen, sondern nach dem Wasserstand sogleich ermessen, wie viel Nadeln zu beseitigen sind.

Bei höherm Unterwasser, und wenn ein starker Wind in der Richtung desselben das Wehr trifft, entsteht die Gefahr, dass die Laufbrücke durch den Wellenschlag abgehoben wird und zerbricht. Diesen Uebelstand beseitigt man leicht, wenn man die Laufbrücken je zwei Böcken über die Brücke wirft.

Das Aufrichten des Wehres und Einsetzen der Nadeln erfordert gemeinhin keine grosse Eile, da der niedrige Wasserstand in Flüssen und Strömen sich nur allmählig wieder einzustellen pflegt (§ 37). Dagegen treten die Anschwellungen, namentlich in Gebirgsströmen (wo diese Wehre besonders Anwendung gefunden haben), oft sehr plötzlich ein, und alsdann erlaubt die angränzende Einrichtung, wobei die Nadeln einzeln ausgehoben werden müssen, nicht ein so schnelles Manöver, als die Umstände erfordern. Bei andern zeigt sich dieses, wenn die Anschwellung während der Nacht eintritt, da die Arbeit in der Dunkelheit viel langsam von Station geht. Für Laternen und deren bequeme und sichere Aufstellung muss natürlich gesorgt sein, aber man kann das Ausheben der Nadeln auch umgehn, und die ganze Reihe derselben an beiden Böcken durch den Strom selbst plötzlich produziren lassen, wenn man die eisernen Holme in ähnlicher Weise wie die oben beschriebenen Drehbalken einrichtet. Diese Anordnung ist bei dem Wehre zu St. Martin in der Seine gewählt.

Jede einzelne Nadel ist an dem Griffe mit einem festen Ring versehen. Man knüpft in den Ring der letzten Nadel vor man

... eine Leine, zieht diese durch alle Ringe der folgenden Bocke bis zum nächsten Bocke, und steckt hier die Leine an einen starken Tau, welches über die ganze Länge des Wehres reicht. Auf diese Weise bleiben beim Niederschlagen der Rüstung alle Bocke bündelweise an dem starken Tau hängen, und da letzteres an einem Ende befestigt ist, so treiben sie an das Ufer, wo man sie leicht auslösen und in das Magazin bringen kann.

Der Holm muss eine ganz andre Einrichtung, als die vor- und beschriebene, erhalten, wenn er gelöst werden soll, während Nadeln noch dagegen drücken. Diese Einrichtung ist sehr complicirt, und besonders wird sie dadurch erschwert, dass alle Bewegungen sicher verhindert werden müssen, die zufällig oder Muthwille eintreten und das Oeffnen des Wehres zur Folge haben könnten. Ich theile hier nur den wesentlichsten Theil davon

Fig. 204 *a*, *b*, *c* und *d* auf Taf. XLVIII zeigt sie im Querschnitt, in der Ansicht von vorn und von der Seite. Der Haken besteht jedesmal aus einem Haken von 2 Zoll 3 Linien Länge und 1 Zoll Höhe. An dem einen Ende ist er mit einem Bolzen versehen, und durch dieses geht ein Bolzen, der über den Haken vortritt. Am andern Ende befindet sich der cylindrisch gebogene Haken, welcher den Bolzen am Bocke umfasst. Die vordere Fläche des Hakens bildet ohne Unterbrechung eine ebene Fläche, gegen die Nadeln sich lehnen.

Um zu verhindern, dass die Haken nicht sogleich durch den Druck der Nadeln ausgelöst werden, dient eine excentrische Scheibe, die auf der Axe den bereits oben erwähnten Bügel trägt, woran die Haken zum Heben des Bockes befestigt ist. Die Figuren *a*, *b* und *c* zeigen diese Scheibe in derjenigen Stellung, worin sie den Haken festhält, in Fig. *d* dagegen ist sie so weit gedreht, dass der Bügel nicht mehr eingreift, und der Bock umgeschlagen werden kann. Bevor man der Scheibe diese Stellung giebt, muss durch Auflegen des leichten Hakens (Fig. 199 *a*) der Bock gehalten werden, bis die Brücke abgenommen ist. Die Stellung der excentrischen Scheibe wird endlich durch einen Schlüssel bestimmt, den man jedesmal aufheben muss, wenn er gedreht werden soll. Ist der Schlüssel so gestellt, dass die excentrische Scheibe frei wird, wie

240 XII. Stau-Anlagen. 89. Bewegliche Wehre.

Fig. 204 d zeigt, so veranlasst schon ein Schlag gegen die Spitze die Drehung, und der Druck der Nadeln, der sich auf den Haken überträgt, vollendet dieselbe. Der Haken wird abgezogen, bevor man den Beck herabfallen lässt, ganz ausgehoben.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass beim Wehre an Martin die Pfeiler nicht mit Nischen versehen sind, sondern latente Holm, dessen Länge der Höhe des Beckes gleich ist, um eine vertikale Axe dreht und durch eine Verstrebung in dieser Stellung gehalten wird. Er legt sich aber flach an Mauer, wenn man das Wehr niederlegt.



Dreizehnter Abschnitt.

Vertiefung des Fahrwassers.

§. 90.

B a g g e r u n g.

Durch die Regulirung eines Stromes wird das Fahrwasser nicht vertieft, sondern auch in andrer Beziehung verbessert. Diese Besserung ist aber nachhaltig, weil man dabei nicht sowohl Uebelstände selbst, als vielmehr die Ursachen beseitigt, die zu ihrem Entstehen Veranlassung gaben. Wie sicher diesesfahren auch ist, so kann es dennoch unter Umständen nöthig sein, der Wirkung des Stromes durch unmittelbare Vertiefung des Fahrwassers zu Hülfe zu kommen, und man hat sogar in manchen Fällen versucht, und noch häufiger vorgeschlagen, die Stromregulirung ganz zu unterlassen, und nur durch Baggerung die Vertiefungen im Fahrwasser zu beseitigen.

Solche Vorschläge finden gemeinhin bei allen Personen Eingang, die mit dem Zwecke und der Wirkungsart der Stromregulirung nicht bekannt sind, auch den Effect einer Baggermaschine mit der Ausdehnung der Vertiefungsarbeiten näher vergleichen, sondern sich nur einem dunklen Gefühle überlassen, wonach die Wirksamkeit eines Dampfbaggers, der ohne Unterbrechung einen Meter Sand nach dem andern aus der Tiefe schöpft, so grenzenlos erscheint, dass sie jede beliebige Vertiefung und Verbreiterung des Fahrwassers von demselben erwarten.

Eine genauere Prüfung zeigt indessen jedesmal, dass die Sand- oder Erdmasse, die zur Vertiefung einer längeren Stromstrecke beseitigt werden muss, so gross ist, dass eine bedeutende Anzahl kräftiger Maschinen erforderlich wird, wenn man auch nur in kurzen Zeiträume von mehreren Jahren die beabsichtigte Wirkung erzielen will. Dazu kommt noch, dass die dargestellte Tiefe sich nicht erhält, so lange die Ursache der Verflachung besteht. Versandungen treten besonders zur Zeit eines höheren Wasser-

standes ein, wenn daher keine Stromregulirung vorgenommen und die Fluthen unverändert ihren frühern Lauf behalten, so sich die einzelnen vertieften Stellen bald mit Sand und Schlamm und der frühere Zustand des Bettes stellt sich jedesmal in gleicher Weise her, so dass die Baggerung immer von neuem vorgenommen werden muss. Die Erfahrungen, welche man in Beziehung an der Themse gemacht hat, sind bereits oben erwähnt.

Dass die Erfolge der Baggerung zuweilen dauernd und zur Ausbildung des Flussbettes an einzelnen Stellen beitragen können, wenn man sie mit der Strom-Correction verbindet, und beide nach einem übereinstimmenden Plane ausführt, ist gleichfalls erwähnt (§. 73). Die Baggerung wird in der Regel sogar nothwendig, wenn dasselbe durch fest abgesetzte Bänke von schwerem Kiese oder fettem Thone gesperrt ist. Wird man in manchen Fällen, wo die erforderliche Tiefe durch Stromregulirung nicht erreicht werden kann, zu einer immerwährenden Baggerung eine Zuflucht nehmen müssen. Besonders geschieht dieses in den Flusshäfen, und zuweilen auch in den verhältnissmässig erweiterten Flussbetten innerhalb grosser Städte, woselbst die Erweiterung dadurch bedingt ist, dass die Fluthen nicht nur das kleine und Mittelwasser, sondern selbst die Hochfluthen abführen müssen, weil die Ufer hier gewöhnlich erhöht sind.

Die Vertiefung langer Stromstrecken durch Baggerung könnte möglicher Weise eine nachhaltige Verbesserung des Fahrwassers zur Folge haben, wenn die Rinne gleich so dargestellt würde, dass sie den Strom des Hochwassers abführen könnte. Der Erfolg liesse sich auch noch dadurch sichern, dass die gebaggerte Erde sogleich zur Erhöhung und Regulirung der Ufer verwendet würde. Ein Unternehmen dieser Art stellt sich bei näherer Untersuchung so kostbar dar, dass man davon zurückschrecken wird, und dieses um so mehr, als es seiner gänzlichen Beendigung gesichert ist, und sonach die Ausführung vor dem Eintritt des Hochwassers vollständig sein muss. Hierzu kommt noch, dass die neuen Ufer besonders Schutzes bedürfen. Ausser den Vertiefungen werden daher auch andre Anlagen nothwendig, die von den

Bauwerken nicht wesentlich verschieden, und nicht viel kleiner als diese sind.

So viel mir bekannt, hat man noch niemals eine grössere Ausstrecke allein oder hauptsächlich durch Baggerung vertieft. Man meint zwar zuweilen, dass dieses auf der Clyde unterhalb Glasgow geschehen sei. Die glänzenden Erfolge, welche man hier erhielt, wurden indessen durch die Stromregulirung herbeigeführt, die Baggerung kam daselbst nur an einzelnen Stellen zur Anwendung, wo die Kraft des Stromes nicht ausreichte. Gerade diesen Stellen tritt aber die Ablagerung des Kiesel immer von neuem wieder ein, und daher sind 5 Dampfbagger fortwährend thätig, um auch hier die erforderliche Wassertiefe zu erhalten. Eine nähere Mittheilung über den frühern und jetzigen Zustand der Clyde, so wie über die Anlagen, die daselbst vorliegen und ausgeführt sind, wird nicht nur zur Beurtheilung des Nutzens der Baggerung in ähnlichen Fällen dienen, sondern auch als das wichtigste Beispiel einer Stromregulirung in Grossbritannien an sich von Interesse sein.^{*)}

Smeaton untersuchte im Jahre 1755 die Clyde und schilderte sie als einen gänzlich verwilderten Strom. Die Breite desselben betrug an den schmalsten Stellen 440 Englische Fuss, gemeinhin war sie grösser und stellenweise mass sie sogar 1400 Fuss. Der Lauf war durchaus unregelmässig und häufig scharf gekrümmt. Schweres Gestein lagerte im Bette und bildete feste und hohe Kiesbänke, welche den Strom vielfach spalteten und gegen das Ufer wiesen. Letztere bestanden im Allgemeinen nur aus weichem Material, welches keinen Widerstand leistete. Sie brachen immer von Neuem und gaben dadurch zu fortwährenden Veränderungen Veranlassung. In den flachsten Stellen von Glasgow abwärts bis Renfrew blieb zur Zeit der gewöhnlichen Ebbe ein Wasserstand von 1 Fuss 6 Zoll, der zur Zeit der Fluthen auf 3 Fuss 6 Zoll zunahm. In Glasgow war wegen der vielen Hindernisse, welche die Fluthwelle antraf, das Steigen der täglichen Fluth kaum zu bemerken. Unter diesen Umständen veranlasste Smeaton daran, den Strom bis Glasgow aufwärts schiffbar

^{*)} Die folgende historische Darstellung ist aus dem Werke: *Life of James Watt*, Seite 492 bis 501 entnommen.

machen zu können und begnügte sich daher den Versuch zu machen, dass bei Marlingford, wo die gewöhnliche Fluth 6 Zoll auflief, und wohin keine Schiffe von etwa 6 Fuss gang noch gelangen konnten, eine Docke, d. h. ein geschlossenes Hafen-Bassin angelegt werde.

J. Golborne, der 1768 zu Rathe gezogen wurde, empfahl die Einschränkung des Strombettes durch Dämme, die vom Ufer vortreten sollten, die also nichts Anders als Bahnen waren, die das Wasser zusammenhalten, und so die Tiefe desselben auf das Bette verstärken. 1772 wurde ein Versuch dieser Methode bei Dumburk-Ford gemacht, wo die Einschränkung bis auf 300 Fuss getrieben. Golborne hatte nur 6 Fuss Fahrtiefe bei kleinem Wasser in Aussicht, die Tiefe war aber im nächsten Jahre schon 7 Fuss, 10 Jahre später sogar 14 Fuss. Nachdem der günstige Erfolg hier herausgestellt hatte, wurde seit dem Jahre 1773 in dieser Weise auf allen Stellen verfahren, wo es an Tiefe mangelte. 1799 wies Rennie die grossen Erfolge nach, die man auf diesem Strome bereits erreicht hatte.

1806 wurde Thomas Telford wegen fernerer Verbesserungen der Clyde befragt. Er sprach sich unbedingt dafür aus, die Vertiefung des Bettes durch den Strom selbst zu veranlassen, zwar besonders auf die Strömung der Fluth Rücksicht zu nehmen, d. h. auf diejenige, welche von der See her aufwärts fließt. James Walker hielt dagegen in einem spätern Vortrage (vom Jahre 1835) den Ebbestrom oder den gegenwärtigen Strom für den wirksamern. Diese Meinungsverschiedenheit über den Gegenstand, auf welchen es hier allein ankommt, ist gleichgültig: in der Hauptsache stimmten beide überein, in sich für die Stromregulirung auszusprechen.

1807 untersuchte Rennie zum zweiten Male die Clydesdale, waren damals einhundert und zehn Steinbuhnen ausgeführt, deren Wirkungen im Allgemeinen nicht zu verkennen waren, dennoch, weil sie zu weit von einander entfernt lagen, nicht die beabsichtigten Erfolge herbeigeführt, und mitunter wohl Veranlassung zu Unregelmässigkeiten gegeben hatten. Er schlug daher vor, die Köpfe derselben durch Parallel-Dämme einander zu verbinden, und so das neue schmale Strom-

ländigen Ufern zu versehen, wodurch die Vertiefung in grösserm Masse und vollständiger erfolgen würde.

Dieser Vorschlag kam seitdem zur Ausführung, und da die Ufer nicht nahe genug lagen, um sich gegenseitig gehörig zu stützen, so zeigten sich die Paralleldämme als sehr nützlich. Zudem gewährten sie noch den Vortheil, dass die Strömung von nunmehr ganz abgeschlossenen Theilen des alten Bettes abgelenkt wurde, und die Uferbewohner dadurch veranlasst wurden, dieselben mit Erde anzufüllen und neue künstliche Wiesen daraus zu bilden.

Wichtig ist ein Bericht von John Clarke vom November 1824: Er heisst darin, dass damals Seeschiffe von 11 Fuss Tiefgang der Fluth bis Glasgow heraufgingen.

In dieser Zeit (1824) machte endlich Whidbey darauf aufmerksam, dass einzelne Kiesbänke, der Einschränkung ohnerachtet, dauernd im Strombette erhalten hätten, und sowohl das Aufkommen grösserer Schiffe hinderten, als den Strom der Fluth schwächten. Er empfahl, dieselben durch kräftige Baggermaschinen zu entfernen. Dieser Vorschlag wurde angenommen, und es zeigte sich auch in der That, dass dadurch die Verhältnisse noch verbessert wurden.

Aus dem bereits erwähnten Berichte von James Walcker vom Jahre 1836 ergibt sich, dass bis Glasgow aufwärts die flachsten Stellen, die zur Zeit des kleinsten Wassers früher nur 1 Fuss tief gewesen waren, damals bei demselben Wasserstande eine Tiefe von 7 bis 8 Fuss hatten; dass ferner der tägliche Unterschied zwischen dem kleinen und hohen Wasser, den man früher in Glasgow kaum bemerken konnte, nunmehr zur Zeit der Springfluthen gleichfalls 7 bis 8 Fuss und zur Zeit der tothen Fluthen immer noch 4 Fuss betrug, woher nach Maassgabe der Höhe der Fluthen Schiffe von 11 bis 15 Fuss Tiefgang nach Glasgow kommen können.

Es muss bemerkt werden, dass man ähnliche günstige Erfolge an oberländischen Strömen, von denen hier eigentlich nur die Clyde sein sollte, nie erwarten kann. Die überraschende Verbesserung der Tiefe in der Clyde rührt allein davon her, dass der Fluthstrom verstärkte, wie dieses Telford auch in der Hauptsache bezeichnet hat. Dadurch ist die Wassermenge,

welche den Strom bald in einer, bald in der andern Richtung durchzieht, gewiss um das Vielfache vergrößert und der Fluss in einen starken Strom verwandelt worden. Dieser stigen Erfolge kann man aber unter gleichen Verhältnissen in andern Fällen und selbst in Deutschland an den unteren Theilen der Ströme erwarten, die sich in die Nordsee ergießen. Das Beispiel der Clyde zeigt, was man erreicht, wenn man die Wirkung der Fluthwelle erleichtert, die Baggerung war aber nur ein sehr untergeordnetes Hülfsmittel und hatte keinen andern Zweck als die Resultate etwas zu vervollständigen. Sie ist ausserdem auch sehr kostbar geworden, da sie das Uebel nicht nachhaltig beseitigt, sondern dauernd fortgesetzt werden muss. Aus diesem Grunde werden fünf Dampfbagger, zusammen 610 Pferdekräfte stark, fortwährend auf der Clyde im Gange erhalten. Entsteht dabei noch die Frage, ob dieses kostbare und unzuverlässige Auskunftsmittel nöthig gewesen wäre, wenn man die Seilregulirung ganz systematisch zur Ausführung gebracht hätte, so behauptet wenigstens in dem Gutachten, welches J. Walker prüfen sollte, dass die Buhnen sehr unregelmässig ausgeführt und stellenweise den Strom mit Rücksicht auf die verminderte Wassermenge zu stark einschränken, woher er den Vorschlag macht, eine durchgreifende Aenderung des Regulirungssystems einzuführen.

Es ergibt sich hieraus, dass die Clyde eben so wenig durch irgend ein andrer Strom allein, oder auch nur vorzugsweise durch Baggern vertieft worden ist. Die Beschreibung der Baggerarbeiten wird später, und zwar bei Gelegenheit der Hafenbauten folgen werden, indem bei diesen vorzugsweise davon Gebrauch gemacht wird.

§. 91.

Auflockern des Grundes.

Bei Gelegenheit der Stromdurchstiche (§. 82) ist schon erwähnt, dass man die Sohle des ausgegrabenen Kanals, um die Strombettbildung ausbilden soll, aufzulockern pflegt, um

*) Reisobemerkungen hydrotechnischen Inhalts von H. v. Mevius, Hamburg 1861. Seite 12.

seiner Vertiefung und in Folge dieser auch seine Ver-
 rung zu befördern. Dasselbe Verfahren ist mehrfach zur Ver-
 rung bestehender Fahrwasser in Anwendung gebracht worden.
 Vergleiche mit der Baggerung gewährt es den grossen Vortheil,
 man das gelöste Material weder heben, noch bei Seite schaffen
 , da es durch den Strom selbst fortgespült wird. Die An-
 ung lässt sich aber auch in der Art treffen, dass der Strom
 r den ganzen Apparat in Betrieb setzt, der die Auflockerung
 rkt, und sonach keine fremde Kraft zur Bewegung der Ma-
 ne erforderlich ist.

Die Resultate dieser Versuche sind nach den darüber be-
 st gewordenen Nachrichten sehr verschieden ausgefallen:
 manchen Fällen waren sie überraschend gross, in andern gar
 t bemerkbar. Jedenfalls erfordert die Operation sorgfältige
 rlegung und ununterbrochene Aufmerksamkeit, wenn sie ge-
 m soll, und bei schwacher Strömung lässt sie gewisse keinen
 lg erwarten. Man darf sich hiernach nicht wundern, wenn
 sich zuweilen, vielleicht sogar in den meisten Fällen, erfolglos
 igt hat; hierdurch ist ihre gänzliche Unbrauchbarkeit aber
 mwege erwiesen, da andre Erfahrungen für ihren grossen
 m, wenn auch nur unter gewissen günstigen Umständen, sehr
 lich sprechen. Es scheint sogar, dass gerade dieses Auf-
 rn des Grundes ein höchst wirksames Mittel bietet, um ein-
 e untiefe Stellen eines Fahrwassers zu verbessern, und zwar
 dieser Vortheil um so grösser, als er sehr schnell eintritt und
 h sehr mässige Kosten zu erreichen ist.

Das ganze Verfahren ist indessen bisher bei uns wenig be-
 t worden und ziemlich unbekannt geblieben. Die Nachrichten,
 darüber in den am meisten verbreiteten Schriften enthalten
 , stellen die Resultate als sehr geringfügig dar, woher man
 bisher zur Wiederholung der Versuche wenig veranlasst fühlte,
 wohl den ganzen Vorschlag für durchaus unpraktisch hielt.
 so nothwendiger erscheint eine ausführliche Untersuchung des
 standes und eine Zusammenstellung der wichtigsten Erfah-
 ren, die bereits darüber geworden sind.*)

*) Am ausführlichsten findet man den Gegenstand behandelt in
 Reisebemerkungen hydrotechnischen Inhalts vom Wasserbau-
 ctor Hübbe. Hamburg 1844.

Wenn eine Bank im Flussbette durch den Strom angegriffen wird, sich aber verliert, sobald man ihre Oberfläche auflockert, ohne dass eine sonstige Veränderung des Bettes der Strömung veranlasst wird: so muss man annehmen, dass das Forttreiben des bereits gelösten Materials eine geringere Bewegung erforderlich ist, als zum Lösen desselben. Beim Thonboden einzelne Körnchen im Wasser schweben, und sobald der Thonboden in Bewegung desselben folgen, findet dieses ohne Zweifel auch bei Thonböden namentlich dürfte der Unterschied der Kräfte, die zu solchen Bewegungen erforderlich sind, bei recht festem Thonboden zu sein, da ein solcher selbst von einer starken Strömung angegriffen wird. Gerade bei diesem Boden findet aber die Auflockerung ganz besondere Schwierigkeiten und ist niemals mit Erfolg versucht worden. Mehrfach hat man einen weichen Schlamm in dieser Weise beseitigt, und dass hierbei gerade die günstigsten Resultate erreicht sind.

Der Sand bewegt sich auf zwei verschiedene Arten im Flussbette (§. 56). Ist die Strömung so schwach, dass die gelösten Körnchen nur auf dem Boden fortrollen, so kann man meinen, dass sie bei der geringen Bewegung durch den Apparat auch nicht weit versetzt werden können. Wenn aber der gelöste Sand auch durch die starke Bewegung des Wassers aufgehoben und schwebend fortgeführt wird, so wird die Wirkung wohl jederzeit schon durch den Strom in Angriff veranlasst. Der Erfolg der Auflockerung würde also in diesem Falle darin bestehen, dass eine Wirkung, die schon von selbst eingeht, in viel grösserm Maasse hervorgerufen wird. Dem Kratzen der immer nur längs der Sohle des Bettes fortrollt, kann falls der geringe Stoss der Kratze keinen so heftigen Eindruck ertheilen, dass eine weite Fortsetzung seiner Bewegung herbeigeführt werden sollte. Häufig sind aber die Klüfte im Sand und selbst mit Thontheilchen so durchzogen, dass einzelne Steine und namentlich die der Oberfläche darinnen eingebettet sind, und eine bedeutende Kraft erforderlich ist, um sie herauszureissen. In diesem Falle kann die Auflockerung grosser Wirksamkeit sein, doch muss dieselbe schon vor dem Beginn der Strömung noch recht kräftig ist, wenn der Eintritt des niedrigsten Wassers abgewartet werden

Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, dass eine schwache Strömung, die an sich den Grund nicht angreift, auch das gelöste Material gar nicht, oder wenigstens nicht weit fortreiben wird. Die Verhältnisse gestalten sich aber augenscheinlich viel günstiger, wenn man eine stärkere Strömung berücksichtigt, die schon Sand und Kies in Bewegung setzt, und in Bewegung erhält, aber das Bett nur wenig angreift, weil ihre Wirkung sich nur auf diejenigen Körner und Steinchen erstreckt, die vor der gemeinen Oberfläche etwas vorragen, und dem Wasser eine größere Angriffsfläche, als alle übrigen darbieten. Wenn in diesem Falle die Auflockerung des Grundes stattfindet, so wird gleichzeitig eine grosse Masse des Materials dem Angriffe des Wassers ausgesetzt, und ebenso, wie früher, die einzelnen Körnchen fortgeführt. Hierdurch erklärt es sich, dass nur diejenigen Versuche zur Beseitigung von Kies- und Sandbänken durch Auflockern der Oberfläche von Erfolg waren, die von einer kräftigen Strömung unterstützt wurden.

Nach Dubuat's Ansicht tritt freilich in jedem sich selbst bewegenden Flussbette ein gewisser Beharrungszustand ein, wobei bestehenden Sandbänke sich weder weiter ausdehnen, noch auch von dem Strom angegriffen werden. Dubuat setzt nämlich voraus, dass die Beschränkung des Profils durch Niederschläge sich im Laufe der Zeit immer weiter ausdehnt, bis endlich in Folge dieser Beschränkung die mittlere Geschwindigkeit des Wassers so gering wird, dass eine fernere Ablagerung von Sand und Kies nicht mehr erfolgen kann. Hiernach müsste es auffallend erscheinen, dass jetzt noch untiefe Stellen in einem Strome vorhanden sind, welche durch die Strömung selbst angegriffen werden. Ein solcher Beharrungszustand des Bettes ist indessen nur denkbar, wenn alle übrigen Umstände, und namentlich der Wasserstand, unverändert dieselben bleiben. Dieses ist bekanntlich nicht der Fall, und sonach ist das Strombette, wenn es auch durch ein Ufer eingeschlossen wird, fortwährenden Veränderungen unterworfen. Bei höherm Wasser pflegen sich die Sand- und Kiesbänke auszudehnen und an Höhe zuzunehmen, während sie beim Abfließen des Wassers wieder ablaufen. Besonders geschieht dieses, wenn die Hauptströmung des Hochwassers das Flussbette oder wenigstens das Fahrwasser ganz verlässt, und gerade die Bänke,

die sich bei dieser Gelegenheit bilden, sind nach allen Erfahrungen der Schifffahrt am meisten hinderlich. Man kann sie aber durch Auflockern der Oberfläche fortreiben, wenn man den starken Seitenstrom des Mittel-Wassers benutzt, und die Operation sogleich vornimmt, wenn jene Seitenströmung des Hochwassers sich schwächt, oder so eben aufgehört hat. Gemeinhin geschieht dieses, sobald der Strom in sein Bett zurücktritt und bordvoll dasselbe durchläuft. Die Methode, die man wählt, muss daher schon bei höheren Wasserstände ausführbar sein. In solcher Zeit wird die Arbeit auch noch dadurch erleichtert, dass die Schiffe ohne Nachtheil das eigentliche Fahrwasser verlassen können, und sowohl die Vertiefungs-Arbeiten weniger unterbrochen werden dürfen.

Die Versuche zur Auflockerung des Grundes sind mehrfach mit Apparaten angestellt, die zugleich eine Verstärkung des Stromes an der anzugreifenden Stelle veranlassen. Man hat zuweilen förmliche Stauanlagen gebildet, wodurch das Wasser angespannt, und eine kräftige Strömung erzeugt wird, welche das gelöste Material fortreibt. In vielen Fällen bewirkt ein solcher Strom sogar allein den Angriff der Sand- und Kiesbänke, und die mechanische Auflockerung derselben unterbleibt ganz, oder wird wenigstens nicht durch Kratzen mit festen Körpern herbeigeführt. Anordnungen der letzten Art gehören vielleicht auch mit vollem Rechte hierher, da sie aber mit der in Rede stehenden Operation viele Aehnlichkeit haben, so will ich sie gleichfalls hier beschreiben.

Endlich muss ich noch darauf aufmerksam machen, dass auch keine besondern Vorkehrungen zur Verstärkung des Stroms getroffen werden, eine solche dennoch in vielen Fällen bei zunehmender Vertiefung der Rinne von selbst eintritt. Bis wiederholt sich nämlich der Fall, dass die Bank, die man heben will, das ganze Flussbett durchsetzt, und das Wasser entweder ziemlich gleichmässig überströmt, oder sich nur in engen und gekrümmten Rinne hindurchzieht. Dieser Fall ist so fern als der gewöhnliche anzusehn, da die Verbesserung des Fahrwassers überflüssig wäre, wenn dasselbe in gehörigen Dimensionen und angemessener Richtung bereits bestände. Sobald man also zur Vertiefung durch Auflockern des Grundes schreitet, so ist der Strom sich gewöhnlich noch nicht in einem gehörigen Schlau-

sammelt, und häufig existirt in Folge des Stauens, den die Bank bildet, ein merkliches Gefälle an solcher Stelle. Wenn die Richtung der Rinne angemessen gewählt ist, und man zunächst die besten Stellen in derselben angreift, so wird dadurch schon der Strom hineingewiesen, und er gewinnt an Kraft, in der sich hier concentrirt. Das Wasser, welches sich früher über die ganze Breite des Flussbettes vertheilt, sammelt sich nunmehr in der Rinne, je vollständiger sie sich ausbildet, um so mehr wieder der Erfolg des Auflockerns befördert wird. So tritt in diesem Falle, als mittelbare Wirkung der Operation eine Verstärkung des Stromes ein.

Wenn die Richtung der Rinne dem Strome entspricht, so kann man auch hoffen können, dass letzterer wenigstens während einer Dauer des kleinen Wassers darin bleiben und die Rinne so ihre Tiefe nicht sogleich verlieren wird. Beim Hochwasser freilich häufig andre Verhältnisse ein, und wenn dieses ganz andern Weg nimmt, so kann es leicht geschehn, dass nach seinem Abgange keine Spur der frühern Vertiefung zu bemerken ist. Um dauernd einen sichern Erfolg herbeizuführen, so muss man den Strom des Hochwassers in das Flussbette und zwar in das Fahrwasser leiten, also den Strom reguliren. Wenn dieses möglich ist, und nach jeder Fluth an einzelnen Stellen die Sand- und Sandbänke immer von Neuem sich zeigen, so muss man sie auch jedes Mal beseitigen, und hierzu dürfte in vielen Fällen die Auflockerung des Grundes das bequemste Mittel sein, das das Fahrwasser dadurch schneller und wohlfeiler, als durch eine Vergrößerung des Bettes aufgeräumt werden kann.

Man muss noch eines Bedenkens erwähnen, das man zuweilen gegen die Auflockerung des Grundes erhebt. Man besorgt sich, dass das gelöste Material sich an andern Stellen sammeln und daselbst neue Untiefen bilden möchte. Eine solche Besorgnis ist indessen wohl nicht gegründet, da die Masse Material, welche der Strom zur Zeit des Hochwassers mit sich führt, im Vergleich zu der kleinen Quantität, die aus einer Stelle des Wassers herausgetrieben wird, so gross ist, dass man letztere unbedenklich zu jener hinzufügen kann, ohne befürchten zu müssen, dass dadurch neue Versandungen entstehen werden. Es ist wirklich bei Stromregulirungen eine gewöhnliche Erscheinung,

dass die untiefe Stelle, durch welche man ein Fahrwasser bilden will, auf der stromabwärts gekehrten Seite an Ausdehnung zunimmt. Diese Verlängerung ist indessen gemeinhin nur sehr geringe, und man beseitigt den Uebelstand leicht durch weitere Fortsetzung des Buhnsystems. Ebenso müsste man, falls das gelöste Material sich weiter stromabwärts zum Nachtheil der Schifffahrt ablagern sollte, durch neue Auflockerung es wieder weiter zu treiben suchen, bis es in grössrer Tiefe versinkt. Dessen dürfte indessen nicht nöthig werden, und eine mehrfache Wiederholung ist kaum denkbar, da in den Flussbetten die tiefen Stellen, die vom Hochwasser immer rein ausgewaschen werden, sehr nahe neben einander liegen pflegen, und eine viel grössere Ausdehnung haben, als dass sie durch solche kleine Quantitäten gefüllt werden können.

In der Beschreibung der verschiedenen Operationen zum Auflockern des Grundes, mache ich mit denjenigen den Anfang, welche nur den Strom an einzelnen Stellen verstärken, und dadurch die beabsichtigte Vertiefung veranlassen. Ein Aufheben der Oberfläche, durch gewisse mechanische Vorrichtungen findet hierbei nicht statt. Manengt vielmehr nur in ähnlicher Weise wie bei der Regulirung, den Strom ein, jedoch gemeinhin nicht in seiner ganzen Breite, auch nicht durch feste Werke, hier pflegt man dabei selbst die Darstellung eines regelmässigen Stromlaufes gar nicht zu berücksichtigen, indem man sich nur die Aufgabe stellt, ein augenblickliches Schifffahrts-Hinderniss zu beseitigen, und diesen Zweck in derjenigen Weise verfolgt, die ihm am besten zu entsprechen scheint, die aber sehr häufig das Fahrwasser nicht verbessert, sondern es noch unregelmässiger gestaltet, als es bisher war.

Häufig versuchen die Schiffer selbst sich auf diese Art Hilfe zu schaffen, sobald sie fortgefahren sind. Auf der Saar führte man in früherer Zeit zu diesem Zwecke zwei breite Bohlen von der Länge des Schiffes mit sich. Sie waren vorn und hinten an jeder Seite des Schiffes befestigt, und zwar so, dass sie hochkantig im Wasser schwammen. Sobald das beladne Schiff, das hier immer stromab geht, auf eine Kiesbank gelaufen war, wurde sogleich die Bohlen am hintern Ende gelöst: sie breiteten sich in Flügel zu beiden Seiten aus und bildeten im Fahrwasser schwimmende Rinne, die stromaufwärts weit geöffnet war, strom-

Es dagegen nur die Breite des Schiffes hatte. Hierdurch wird sehr schnell an dem untern Ende dieser Rinne ein heftiger Strom, der die Kiesbank an der Stelle angriff, wo das Schiff lag, und gemeinhin vergrösserte sich in kurzer Zeit die Tiefe bedeutend, dass das Schiff darüber fortschwimmen und die Fahrt fortsetzen konnte. Das folgende Schiff musste alsdann, es eben so tief ging, genau dieselbe Stelle passiren, denn angetriebne Kies war an beiden Seiten liegen geblieben, und häufig ein gutes Fahrwasser verdorben, welches der erste nur aus Unachtsamkeit verfehlt hatte.

Von mehreren Schiffe zusammenfahren, und eines auf den Grund gerathen ist, oder die Sandbank für den Tiefgang der Flut zu hoch liegt, so pflegt man zuweilen ein kleineres Fahrzeug auf eine flache Stelle zu bringen, und es daselbst in schräger Richtung liegen, indem man es voll Wasser laufen lässt, oder es auf eine Weise so belastet, dass es auf dem Grunde aufsteht. Es wird alsdann den Strom auf, und indem es einer declinanten Flut ähnlich wirkt, so greift der Strom zuweilen die Sandbank an der Stelle so stark an, dass die Schiffe, ohne lichten zu haben, darüber fahren können.

Ähnlicher Weise benutzt man in den Französischen Häfen atlantischen Ozean besondere Vorrichtungen, die eigentlich anders, als bewegliche Buhoen sind und deren Zweck besteht, den Strom der Spülschleusen an solchen Stellen zu concentriren, wo man die Kiesbänke vorzugsweise angreifen will. (Belidor*) beschreibt zwei verschiedene Vorrichtungen dieser Art und rühmt deren günstige Erfolge. Die erste vom Ingenieur de la Haye in Havre de Grace versucht, besteht aus einem Floss von 20 Fuss Länge und 12 Fuss Breite. Dasselbe ist aus vier Balken zusammengesetzt, die durch Zangen unter sich verbunden und mit einem Bohlenbelage versehen sind. An der langen Seite befinden sich in Abständen von 8 Fuss von einander starke Stiele, die etwa 15 Fuss tief unter das Floss stehen, und beliebig gehoben, auch nach gemachtem Gehe ganz herausgezogen werden können. Zur Zeit des Hochwassers berühren diese Stiele nicht den Grund, woher das Floss

* *Architecture hydraulique. Vol. IV. p. 133.*

verfahren und an diejenige Stelle gebracht werden kann, während der Spülung des Hafens wirken soll. Sobald das Wasser bei eintretender Ebbe fällt, senkt sich das Floss und die Stiele stehen auf dem Grunde auf. Das Floss nimmt alsdann eine geneigte Lage an und legt sich zur Zeit des kleinsten Wasserstandes nieder, indem es eine Neigung von etwa 45 Graden gegen den Horizont erhält, und sich gegen die Stiele lehnt, die als Stützen oder Streben wirken. Wenn in dieser Zeit die Spülschleuse geöffnet wird, so trifft der Strom derselben die Fläche des Flosses, und wird von dieser wie von einer Wand aufgefangen. In Dieppe stellt man mehrere Flösse hintereinander auf, die also ein ganzes Bühnensystem bilden, treibt dadurch nicht nur Schlamm und Sand, sondern selbst Kiesmassen fort.*) Bei der übermässigen Stärke des Spülstroms sind die günstigen Erfolge dieses Mittels wohl erklärlich. Zweifel würden sie aber noch grösser sein, wenn man feste Werke erbaute, die mit dem Ufer gehörig verbunden wären, oder man den Vorhafen und die Hafenmündung mit regelmässigen Pfeilern einfasste, welche selbst den Spülstrom gehörig leiteten.

Die andre Vorrichtung, die Belidor beschreibt, wurde im Hafen von Dünkirchen benutzt, sie ist aber gegenwärtig nicht mehr im Gebrauche. Sie bestand in grossen Kästen, im Boden die Form eines Rhombus hatten. Ihre Länge (zwischen den beiden äussersten Ecken gemessen) war 36 Fuss, ihre Breite 18 Fuss und die Seitenwände waren etwa 13 Fuss hoch. Die Kästen waren wasserdicht und sehr stark, wie Schiffe gebaut, ausserdem durch Ballast so tief eingesenkt, dass sie auf dem Grunde schwimmen konnten. Man brachte sie zur Zeit des höchsten Wasserstandes an die Stellen, wo sie wirken sollten, befestigte sie gegen das Ufer oder legte sie vor Anker: wenn das Wasser fiel, berührten sie bald den Grund und bei der schweren Belastung standen sie zur Zeit des niedrigsten Wassers so fest, dass sie den Spülstrom sicher auffangen und abweisen konnten.

Ferner mag bei dieser Gelegenheit erwähnt werden, dass die Fischer im mittlern Italien, zur Zeit des kleinen Wassers, die

*) Minard, *Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer*. Paris 1846. Seite 178.

die eigenthümliche Art zu sammeln und so zu leiten pflegen, ihnen zur Ausübung ihres Gewerbes am vortheilhaftesten ist. Sie benutzen dazu ein Instrument, Raschio (Kratze) genannt, welches Fig. 205 auf Taf. XLIX dargestellt ist. Das- selbe besteht in einem Brette von etwa 5 Fuss Länge, welches in der Mitte befestigten Stiel so gehalten wird, dass senkrecht auf dem Flussbette aufliegt. Ausserdem ist ein zweiter Stiel gleichfalls in der Mitte des Brettes normal gegen die Fläche desselben, also rechtwinklig gegen den ersten Stiel, befestigt. Der letzte Stiel liegt flach auf dem Boden und zwar nachwärts gekehrt. Indem der Fischer auf diesen tritt, so bewirkt er das Drehen des Apparates, während der erste Stiel; in den Händen gehalten wird, die aufrechte Stellung des Brettes sichert. Dieses Brett fängt das Wasser auf und verur- sacht vor seinem abwärts gekehrten Ende einen starken Strom, nach der Vertiefung des Grundes. Der Apparat bleibt aber lange an seiner Stelle, denn das Wasser, welches davor steht, drückt ihn stromabwärts. Man lässt ihn langsam her- vorrücken, indem man nur dafür sorgt, dass das Brett die pas- sende Richtung gegen den Strom behält, und sich zugleich dahin bewegt, wo die Vertiefung bewirkt werden soll. Es ist also gleich- sam eine bewegliche Buhne, die stromabwärts geführt wird, und nicht einen isolirten Kolk, sondern eine zusammenhängende Rinne vor ihrem Kopfe bildet.

Mit diesem zuletzt beschriebnen Verfahren stimmt ziemlich dasjenige überein, welches von den Französischen Ingenieuren zur Vertiefung der Durchstiche am Ober-Rhein in Anwendung gebracht ist. *) Zwei Fahrzeuge wurden nämlich durch überge- setzte Balken so an einander befestigt, dass zwischen beiden ein Raum oder eine Rinne von 2 Meter (6 Fuss 4 Zoll) Breite blieb. In diese konnte ein Schütz von 6 Decimeter (23 Zoll) herabgelassen werden, zu welchem Zweck zwei Griesssäulen an die Fahrzeuge angebracht waren. Das Schütz wurde bis zum Grunde herabgelassen, sondern nur so tief, dass es eintauchte und das Wasser etwas herüberströmte, alsdann wirkte theils der verstärkte Strom unter demselben, theils der

Stoss des überstürzenden Wassers die Vertiefung. Die Fahrzeuge aber wurden vom Ufer aus an Tauen gehalten, indem man diese nach und nach auslaufen liess, so trat die absichtliche Vertiefung in der ganzen Länge des Durchstiches. Der Erfolg soll nach der Mittheilung des Ingenieur Defauwonderbar gross gewesen sein, indem die Tiefe sich erhöhte, und in wenig Tagen die Durchstiche doppelt so tief um 1 Meter tiefer wurden, als sie ausgegraben waren. Es darf wohl annehmen, dass der Strom an sich sehr stark und daher auch ohne Anwendung dieses Verfahrens die Durchstiche mit der Zeit ausgebildet haben würde; nichts weniger sind die angegebenen Erfolge doch so auffallend, dass sie auf eine kräftige Wirksamkeit des beschriebenen Apparates schliessen lassen.

Auf der Garonne hat man ungefähr gleichzeitig dasselbe Verfahren in Anwendung gebracht, um das Fahrwasser in den Furten und Stromschnellen zu vertiefen. Die Erfolge zeigten sich in der Mittheilung des Ingenieur Borrel auch hier höchst befriedigend. Die Vorrichtung zur Anspannung des Wassers und zur Regulirung des starken Stromes war aber wesentlich verschieden von der am Rhein benutzten, und ohne Zweifel viel zweckmässiger angeordnet. Sie ist in Fig. 206 a, b und c in der Ansicht von der Seite und von hinten, so wie im Grundrisse dargestellt. Die Stauwand, mit zwei Flügeln versehen, die gleichsam die Endwände der schwimmenden Rinne bildeten, war am vorderen Ende eines Schiffes befestigt. Das Schiff ging indessen stromwärts herab, woher die Stau-Vorrichtung demselben folgte. Die Flügel, die sich wie Thüren um vertikale Axen drehten, konnten nach Belieben mehr oder weniger zurückgeschlagen werden und wurden in ihrer Stellung theils durch Taue, und theils durch Schienen gehalten, die gegen vorstehende Bolzen in dem oberen Theile der Stauwand befestigt wurden. Der mittlere Theil der Stauwand war 5 Meter (nahe 16 Fuss) lang und 1 Meter (3 Fuss) hoch. Es befanden sich darin zwei kleine Schütze, die in Fig. 206 b sichtbar sind. Diese Wand ruht auf zwei mit Rollen versehenen Stielen. Die Flügel sind 1 Meter lang

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1836. I. Seite 71.

Die ganze Wand ist an einem Rahmen befestigt, welcher grössern Deutlichkeit wegen in Fig. 206 a und c schraffirt. Dieser Rahmen kann mittelst einer Winde und eines Bockes, an Schiffe aufgestellt ist, gehoben werden, wodurch die Wand auch mit ihren Flügeln aus dem Wasser gehoben wird, was der Zurückführung des Schiffes nothwendig ist.

Will man die Operation beginnen, so stellt man oberhalb der vertiefenden Rinne und zwar in der Verlängerung der beiden Uferwände derselben zwei Pfähle auf und treibt sie fest in den Grund ein, woran die beiden Leit-Täue gebunden werden. Letztere dienen dazu, das Schiff mit der Stau-Vorrichtung zu halten, und langsam durch die Rinne treiben zu lassen. Jedes dieser Täue ist an den abgerundeten obern Kopf eines der beiden bereits unten Stiele geschlungen, und die Enden werden von zwei Leuten gehalten und langsam nachgelassen, wodurch nicht nur die Geschwindigkeit des Schiffes regulirt, sondern auch seine Stellung in der Rinne bedingt wird, so dass es beliebig dem einen oder dem andern Ufer genähert werden kann. Der unter der Stauwand hindurch tretende Strom erzeugt sehr schnell eine Vertiefung, und der gelöste Kies wird zum Theil zur Seite geworfen, zum Theil bleibt er aber auch weiter abwärts in der Rinne liegen, und muss, wenn das Schiff weiter rückt, aufs Neue fortgetrieben werden. Hält man das Schiff zu lange an einer Stelle, so lagert sich der Kies in so grosser Menge unter dem Schiffe, dass man ihn nicht leicht wieder in Bewegung setzen kann, und wenigstens der regelmässige Fortgang der Arbeit gehindert wird. In diesem Falle, den man jedoch immer möglichst zu vermeiden muss, werden die Schütze geöffnet, um eine noch stärkere Strömung zu erzeugen, wodurch die einzelnen hohen Anhöhen des Kieseltes angegriffen und wenigstens verbreitet werden.

Die Erfahrung ergab, dass die Operation am schnellsten und regelmässigsten von Statten ging, wenn das Schiff in zwei Minuten ein Meter zurücklegte, oder mit der Geschwindigkeit von 4 Linien in der Sekunde sich bewegte. Der Strom unter der Stauwand war am wirksamsten, wenn dieselbe im Abstände von 15 bis 18 Centimeter (etwa 6 bis 7 Zoll) über dem Grunde verlaufte: hiernach bestimmt sich die Länge der beiden mit Eisen beschlagenen Pfahlköpfe.

Wenn der natürliche Strom die Geschwindigkeit von 1 Meter in der Sekunde hatte, so war der Erfolg der Operation wenig zu bemerken, blieb jedoch noch ziemlich unbedeutend. Bei einer Geschwindigkeit von 1,5 Meter (nahe 5 Fuss) war er aber überraschend gross, so dass man die Rinne nur einigemal durchfahren durfte, um sie vollständig aufzuräumen. Die Vertiefung der einzelnen Furthen kostete, wenn sie heftig durchströmt wurden, durchschnittlich nicht mehr als 15½ Frank oder 4 Thlr. 2 Sgr., wenn die Tiefe nahe um 1 Fuss vergrössert wurde. Die Breite des Schiffsweges war zu 10 Meter (32 Fuss) angenommen. Die durchschnittliche Länge der einzelnen Furthen wird nicht angegeben.

Ich gehe nunmehr zur Beschreibung der Versuche über, die sich auf das eigentliche Auflockern oder Kratzen des Grases beziehen. Am einfachsten werden sie in der Art angestellt, wenn man zur Zeit einer starken Strömung leichte Anker mit mehreren Armen, oder sogenannte Dragger an Fahrzeuge hängt, und lassen vor dem Strome treiben lässt. Statt der Dragger nimmt man zuweilen andre mit vorstehenden Zähnen versehene Apparate, die einem Rechen oder einer Egge nicht unähnlich sehn, oder auch wohl Ketten, die mit Haken und gezahnten Scheiben versehen sind, u. dergl. Andererseits kann der Stoss des strömenden Wassers gegen die Fahrzeuge auch auf verschiedene Art verstärkt werden. Man lässt zu diesem Zwecke die Fahrzeuge zuweilen in der Quere treiben, oder man befestigt daran Tafeln von Holz, die möglichst tief in das Wasser eingreifen, oder spannt auch vollständige Seile unter Wasser aus, die durch angehängte Gewichte oder Stützen ausgebreitet erhalten werden. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass man schon durch kleinere Fahrzeuge die Kratz-Apparate fortziehen kann, und wenn man zwei in gleicher Weise ausgerüstete Fahrzeuge mit einander verbindet, so erhält das herabtreibende dadurch ein solches Uebergewicht über das andre, dass es dieses sogar gegen den Strom heraufzieht.

Schon Belidor *) erwähnt eines Versuches (vielleicht auch nur eines Vorschlages), wonach eine hölzerne Trommel von 5 bis 6 Fuss Durchmesser, deren cylindrische Fläche mit vorstehenden

*) *Architecture hydraulique*. Vol. IV. Seite 336.

ten Zinken von Eisen versehn ist, durch einen davor gehaltenen Nachen über die zu vertiefende Stelle gerollt wird.

Woltman *) versuchte im Jahre 1823 einige Untiefen in der Gegend von Hamburg durch Auflockern des Grundes zu beseitigen, und traf er dabei die Anordnung, dass der Strom selbst die Fahrzeuge hin- und herbewegte. Oberhalb der zu vertiefenden Stelle wurde zuerst, wie Fig. 207 zeigt, ein Anker ausgesetzt, an dessen Buoye ein Block angesteckt war, in welches starkes Tau von 60 Faden Länge eingezogen wurde. Am Ende dieses Taus war ein Lichter-Fahrzeug (Ever) von 10 Fuss Länge und 12 Fuss Breite befestigt. Derjenige Ever, stromab trieb, schleppte den Kratz-Apparat hinter sich und hielt ihn quer gegen den Strom gehalten, während er zur Verstärkung des Wasserdrucks noch mit ausgesetzten Brettern versehn war. Ein zweiter Ever dagegen, der heraufgezogen werden sollte, war stromaufwärts gerichtet, und der Kratz-Apparat, wie auch die Ketten, waren eingezogen. Dadurch erhielt der erste hinreichendes Gewicht, um den zweiten heraufzuziehen. Indem die beiden Fahrzeuge abwechselnd dem verstärkten Stosse ausgesetzt wurden, so bewegten sie sich gegenseitig von selbst hin und her. Zum Auflockern des Grundes dienten sogenannte Such-Dragger, wie sie zum Herausbringen versunkener Gegenstände benutzt werden: diese bestehen aus eisernen Axen, die mit einer grossen Anzahl starker Ketten besetzt ist. Sie hatten die Länge von 5 Fuss, und an jedem Ende jeder Seite jedes der beiden Fahrzeuge war ein solcher befestigt. Eine zweite Methode, die Woltman in derselben Zeit versuchte, bestand darin, dass nach Fig. 208 ein etwas grösseres Fahrzeug (Schute) von 60 Fuss Länge und 14 Fuss 6 Zoll Breite, eine stiegende Brücke oder Gier-Ponte an einem langen Tau, das bis 100 Faden auslaufen liess, vor Anker lag. An diesem Tau war ein zweites angesteckt, dessen beide Enden am Schiffe stromaufwärts und hinten befestigt waren; je nachdem man eins derselben stromaufwärts und das andre nachliess, konnte man der Schute eine beliebige Richtung gegen den Strom geben, und dadurch ihre Bewegung reguliren. War das Vordertheil stromaufwärts gegen das Ufer gerichtet, so stiess das Wasser sie gleichfalls nach

der rechten Seite, und bei entgegengesetzter Richtung gegen die linke. An jeder Seite des Fahrzeuges hing wieder ein Dragger, und beide wurden ohne Unterbrechung über die tiefende Stelle hin- und hergezogen. Man konnte in diesen recht schwere und sonach besonders wirksame Dragger anwenden, wenn man das Fahrzeug stark belastete, und es über grossen Schwerdtern versah, d. h. mit hölzernen Tafeln, die auf der Seite, wo der Stoss des Wassers erfolgte, herabgelassen wurden.

Dieses einzelne Fahrzeug, welches quer durch den Fluß hin und her fuhr, oder vor dem Ankertau gierte, zeigte sich etwas wirksamer, als die erste Anordnung. Dagegen hatte bei Benutzung der zwei Fahrzeuge den Vortheil, dass die tiefste Rinne sich gleich durch die ganze Länge der Uferstrecke, und daher früher benutzt werden konnte.

Das Material, welches gelöst wurde, bestand aus Sande, und derselbe wurde bei Anwendung beider Methoden scheinlich fortgetrieben, sobald die Geschwindigkeit des Stroms 2 Fuss oder wenigstens 1 Fuss 6 Zoll betrug. Die Geschwindigkeit der untern Elbe ist aber wegen der Fluth sehr verschieden, der Fluthstrom ist hier im Allgemeinen zu schwach, als dass er zu diesem Zweck benutzt werden könnte, und selbst der Hochstrom hat nur zur Zeit eines reichen Wasserabflusses vorher die erforderliche Stärke. Dieser Umstand war die nächste Veranlassung, dass man gleich nach den ersten Versuchen von diesem Verfahren keinen weiteren Gebrauch machte, und zum Baggern überging. Zehn Jahre später wurde, wie erwähnt, in Cuxhafen ein neuer Versuch durch Woltmann angestellt. Diesemal benutzte man theils Eggen mit eisernen Zähnen, theils lange Besen; der Erfolg zeigte sich aber nicht als genügend, dass man bald davon abstand.

Ähnliche Versuche sind verschiedentlich in der Nähe von Pillau angestellt worden. Da ich diese zum Theil selbst angestellt habe, so will ich sie speciell beschreiben, ich muss zuvor zu ihrem Verständnisse die dortigen Lokalverhältnisse im Allgemeinen angeben.

Der Hafen von Pillau liegt nicht unmittelbar an der Ostsee, sondern an dem Frischen Haff, und zwar neben der Mündung desselben in die See. Der Strom, welcher diese Mündung

Tief genannt, hat eine genügende und sogar überflüssige Tiefe, diese setzt sich nicht bis zur offenen See fort, sondern ist von außen durch eine Sandbank getrennt. Letztere pflegt sich bei solchen Stürmen zu erhöhen, wenn beim Anschwellen der See Ausströmung aus dem Haff aufhört; sobald aber der ausgehende Strom wieder eintritt, greift er die Bank von Neuem an, vertieft die Rinne in derselben, welche das Gatt genannt wird. Das Gatt muss von allen aus- und eingehenden Schiffen passirt sein, und von der Tiefe desselben hängt allein die Belastung der Schiffe beim Einsegeln in den Hafen ab. Im Allgemeinen ist das Gatt gleich nach Abgang des Winters, also gerade in der Zeit, da die meisten Schiffe ausgehn wollen, am flachsten, es vertieft sich aber im Laufe des Frühjahrs und Sommers immer mehr, bis Herbststürme es wieder verschlechtern. Dabei traten sonst, der ausgehende Strom noch nicht durch lange Seedämme geworden, noch andre Veränderungen ein. Das Gatt behielt sich nicht immer seine Stelle, sondern pflegte langsam von Norden nach Süden, d. h. dem gewöhnlichen Küstenstrom entgegen zu rücken (in gleicher Weise, wie dieses in den Mündungen der Flüsse geschieht), bis es zuletzt eine so ungünstige Lage hatte, dass der Strom sich eine neue nördliche Mündung eröffnete, worauf das Gatt in kurzer Zeit versandete und ganz verschwand.

Im Frühjahr 1828 war das Gatt so flach, dass man an dessen Vertiefung ernstlich dachte: die Tiefe betrug im Monat März auf mittleren Wasserstand reducirt nur 10 Fuss, während für den gewöhnlichen Schiffsbetrieb mindestens 12 Fuss erforderlich sind. Um möglichst schnell Hülfe zu schaffen, wurde das Aufkratzen des Grundes in Vorschlag gebracht, das bei dem starken ausgehenden Strome zur Zeit der Anschwellung der in das Haff mündenden Ströme und Flüsse einen günstigen Erfolg versprach.

Die nächste Veranlassung zu diesem Vorschlage lag in einem ähnlichen Versuche, der angeblich sehr günstig gewirkt hatte.

Im Anfange des Jahres 1800 war nämlich die Rinne in der Bank, oder das Gatt beinahe ganz geschlossen gewesen. Verstrands-Beobachtungen wurden damals noch nicht regelmäßig angestellt, ich habe sie wenigstens nicht auffinden können; die mündlichen ziemlich sichern Mittheilungen soll die Tiefe damals nur 6 Fuss betragen haben. Die im Hafen liegenden Schiffe

waren daher eingesperrt und der grösste Theil derselben konnte selbst leer nicht herausgebracht werden. In dieser Verlegenheit versuchten die Schiffer und zwar zuerst einige Engländer, dann sich bald alle Uebrigen anschlossen, das Seegatt zu vertiefen. Sie bemannten ihre Böte, und während dieselben mit dem Strom herabfuhren, schleppten sie Draggen, Ketten, eiserne Stangen u. dgl. hinter sich. Um die Kraft zu vermehren, wurden auch Seile unter Wasser ausgespannt. Nach wenigen Tagen hatte die Tiefe um 2 Fuss zugenommen, und wenn gleich der grösste Theil der Ladungen erst auf der Rhede, oder ausserhalb der Bank aufgenommen werden musste, so konnten die Schiffe doch den Hafen verlassen, was schon ein grosser Gewinn war. Wieviel in diesem Falle das Krutzen wirklich genützt haben mag, und was der Seemann ohne dasselbe vielleicht selbst gethan haben würde, lässt sich wegen der Unsicherheit der Nachrichten nicht mehr nachweisen.

Die im Jahre 1828 beabsichtigten Versuche führten indessen zu keinem Resultat, da die starke Ausströmung bereits aufgetreten hatte, als die Vorbereitungen getroffen waren. Ausserdem war die Tiefe des Seegattes schon von selbst nahe um 1 Fuss zugenommen, und somit war für den Augenblick auch das dringende Bedürfniss befriedigt.

Im Frühjahr 1829 waren dagegen alle Einrichtungen schon vorher besorgt, und indem damals eine neue dringende Veranlassung zur Vertiefung des Seegattes hinzukam, so wurde namentlich die Auflockerung des Grundes vorgenommen. Das bisherige Seegatt, welches bereits eine sehr südliche Richtung angenommen hatte, war, wenn seine Tiefe auch noch über 11 Fuss betrug, doch sehr ungünstig für die Schifffahrt gelegen, indem es sich in einem scharfen Bogen durch die Bank zog, und stellenweise sehr enge war. Dagegen war schon ein zweites Seegatt, nördlich von jenem, in der Ausbildung begriffen. Beim Aufgange des Jahres in der Mitte April war dieses nur 8 Fuss tief, Ende April hatte seine Tiefe bereits bis 10 Fuss 6 Zoll zugenommen. Die vollständige Darstellung dieses neuen Gattes war daher die Aufgabe, die durch das Auflockern des Grundes gelöst werden sollte.

Der Theil des neuen Seegattes, welcher bei mittlerer Fluthstande noch nicht 12 Fuss Tiefe hatte, war ungefähr 1 Meile lang, und darin fanden sich Stellen vor, die noch um 1 Fuss

helt werden mussten. Der Grund bestand, wie überall in dieser Gegend, aus einem ganz rein ausgewaschenen, sehr grobkörnigen Strömungs-Sande.

Die frühere Methode, wonach die Kratzen an Böte gehängt und von dem Strome herabgezogen wurden, schien mir weniger zweckmässig, als wenn ich sie durch Menschenkraft an bestimmten Stellen bewegen liess. Ich erreichte dadurch den Vortheil, dass die Arbeit auf diejenigen Stellen beschränken konnte, wo es besonders an Tiefe fehlte, ausserdem wäre eine bedeutende Mannschaft zum Besetzen der Böte und zum Zurückbringen derselben, namentlich wenn plötzlich Wellenschlag eintreten sollte, doch nothwendig gewesen, und deshalb hielt ich es für vortheilhafter, durch einen Arbeiter gleich die Maschine bewegen zu lassen. Auf diese Weise hoffte ich auch die kurze Dauer des stärkern Stromes bestmöglich zu benutzen, und selbst während der Nacht die Arbeit betreiben zu können. Endlich aber wünschte ich auch, mich selbst bald von dem Erfolge überzeugen zu können, was nur möglich war, wenn eine Stelle nach der andern angegriffen wurde. Das ganze Unternehmen sollte nur ein Versuch sein, ich hatte keineswegs die sichere Ueberzeugung, dass derselbe gelingen würde, daher musste ich dafür sorgen, dass er im Falle des Misserfolgs nicht gar zu kostbar ausfiel, und dieses würde einerseits der Fall sein, wenn man erst nach langer Fortsetzung der Arbeit über deren Resultat ein sicheres Urtheil gehabt hätte, andererseits, wenn die benutzten Apparate grosse Anlagekosten verursacht hätten. Letztere mussten daher möglichst aus dem vorhandenen, reichlichen Hafenbau-Inventarium zusammengesetzt werden. Ich wählte die Fig. 209 dargestellte Anordnung. Ein Rechen aus Eisen, 3 Fuss breit und eben so hoch, etwas über 60 Pfund schwer, war, wie Fig. 209 b zeigt, an einem Baume befestigt, an dem er geführt wurde. An jeder Seite des mittlern Riegels waren sich zwei Ringe. In diese waren Leinen geknüpft, die sowohl vorn als hinten an ein starkes Zugtau befestigt waren. Durch das letztere wurde der Rechen vor- und zurückgezogen, und so, dass er, ohne sich zu drehen, sich immer normal gegen die Fläche bewegen musste.

Das Fahrzeug, auf welchem die Arbeit vorgenommen wurde, Fig. 209 a, war ein starkes sicheres Seeboot, 42 Fuss lang und

10 Fuss breit und in der Mitte 7 Fuss hoch. Dasselbe war nach dem Muster der Ballast-Lichter oder der Daggerrüte an der Themse gebaut. Es war auch mit der dazu gehörigen Windevorrichtung versehen, die im vorliegenden Falle sehr passend benutzt werden konnte. Die Räumlichkeit war genügend, um 20 Mann darin unterzubringen.

In der Längsrichtung des Bootes wurden zwei starke Bäume befestigt, die vorn und hinten etwa 20 Fuss weit überstanden; sie trugen an ihren Enden Blöcke, durch welche die Tase aus dem Rechen geschoben waren. Die Enden dieser Tase waren mit einander verbunden und dreimal um die Trommel der Windevorrichtung geschlungen. Wenn die Kurbel in einer Richtung gedreht wurde, bewegte sich daher der Rechen vorwärts, um zu gehen zurück, sobald man die Kurbel zurückdrehte. Die Kurbel war ursprünglich so eingerichtet, dass nur zwei oder höchstens drei Mann daran arbeiten konnten. Dieses genügte nicht; es befestigte daher an dem Kurbelhage statt des gewöhnlichen kurzen Handgriffes eine Stange, deren anderes Ende an der gegenüberliegenden Seite des Schiffes und zwar genau in der Verlängerung der Axo des Getriebes befestigt war. Auf diese Weise erhielt die Handhabe der Kurbel eine sehr grosse Länge, doch mussten die sechs Arbeiter, die sie drehten, sich immer möglichst nahe an die Kurbel stellen, da die Stange bei der Drehung eine runde Fläche beschrieb, und daher ihre Bewegung in der Nähe der Spitze des Kegels sehr geringe wurde.

Wäre das Boot nur vor einen Anker gelegt worden, so würde der Rechen, ebenso wie der Anker, einen festen Stützpunkt gebildet haben, und das Boot selbst hätte, soweit der Anker es erlaubte, sich hin- und herbewegt, ohne dass der Rechen über den Grund gezogen wäre. Hiernach musste ein zweiter Anker an hintern Ende des Bootes ausgebracht werden, und zwar zeigte es sich bald, dass recht schwere Anker erforderlich waren, weil der Widerstand, den der Rechen in seiner Bewegung fand, so gross war, dass die gewöhnlichen Anker dieses Bootes es nicht hielten. Endlich mussten die Ankertaupe immer recht scharf angeholt werden, weil sonst das Boot schon merklich dem Rechen entgegenkam und letzterer nicht weit genug gezogen werden konnte. Aller Voracht erachtet, war es indessen unmöglich, das Boot ganz fest zu halten.

nahm wenigstens jedesmal, wenn der Rechen seine Bewegung von einer andern Richtung an, oder drehte sich etwas. Die Umstände hatten indessen den günstigen Erfolg, dass das Boot während, soviel die Anker erlaubten, nach der linken oder rechten Seite gierte, und dadurch die ausgetiefte Rinne gleich breite von einigen Ruthen annahm.

Ausser den sechs Mann an der Kurbel war ein siebenter der Führung des Rechens beschäftigt: er musste dafür sorgen, dass der Stiel desselben immer nahe lothrecht blieb, auch gab er den übrigen Arbeitern das Zeichen, wenn sie in entgegengesetzter Richtung die Kurbel drehen sollten. Der Stiel des Rechens wurde 24 Fuss weit hin und her zur Seite des Bootes geführt, und seine Länge stimmte nahe mit der des Weges überein, den der Arbeiter selbst machte. Die Dauer eines Hin- und Rückganges betrug etwa eine Minute. An dem Stiel des Rechens war eine Markierung angebracht, welche die erforderliche Wassertiefe bezeichnete.

Der Arbeiter konnte sich daher fortwährend selbst davon überzeugen, wieviel auf jeder Stelle noch fehlte. Wenn der Rechen scharf herabgedrückt wurde, so nahm der Widerstand in einem Maasse zu, dass die Arbeiter an der Kurbel nur mit grösster Anstrengung die Drehung fortsetzen konnten. Hier war der Erfolg aber keineswegs am grössten, er zeigte sich sehr weit bedeutender, wenn der Rechen nur mit seinem vordern Gewichte auf den Grund drückte, und noch schnell und leicht fortgezogen werden konnte.

Endlich muss bemerkt werden, dass die Mittellinie der darzustellenden Rinne auf dem Ufer durch zwei hohe Signale scharf markirt war, und die Anker immer in dieser Linie ausgesetzt wurden, woher auch das Boot in derselben blieb und sich beim Gieren wenig und gleichmässig nach beiden Seiten davon entfernte.

Die westlichen Winde, die an der Stelle, wo gearbeitet werden sollte, einen heftigen Wellenschlag verursachen, und ausserdem eine stromung mässigen, hörten gegen Ende April auf. Bei stark anlaufendem Strome ging daher das Boot den 28. April Morgens aus und wurde gerade über dem höchsten Rücken der Bank in der Richtung der ausgesteckten Linie festgelegt. Die Geschwindigkeit des Stromes betrug etwa 2 Fuss 9 Zoll in der Sekunde, die Arbeit wurde sogleich begonnen, und ohne Unterbrechung

den ganzen Tag hindurch fortgesetzt, indem in Ablösung gearbeitet wurde und doppelte Mannschaft an Bord war. Für Anziehen der Ankertaue und andre Arbeiten musste aber der Theil der Mannschaft sorgen, der an der Winde beschäftigt wurde.

Der Erfolg war weit grösser, als ich erwartet hatte. In von einer Stunde war die Bank an der Stelle, wo man es um mehr als einen Fuss gesenkt, und die Vertiefung erstreckte sich auf einen Raum von etwa 3 Ruthen Breite (so weit das Boot) und von 2 Ruthen Länge. Ich liess hierauf davor denselben Ankern 2 Ruthen stromabwärts verlegen. Die Arbeit wurde hier fortgesetzt, um die Rinne zu verlängern dem starken ausgehenden Strome, der den ganzen Tag hatte die Arbeit einen sehr guten Fortgang. Unglücklicherweise besorgte aber der Aufseher, den ich Abends an Bord liess, der Wind, der schon im Laufe des Tages wieder nach West gegangen war, an Stärke zunehmen möchte, und segelte daher am andern Morgen in den Hafen zurück.

Die Witterung blieb zunächst so günstig, dass die Arbeit unbedenklich hätte fortgesetzt werden können, wenn das Boot an der Bank geblieben wäre. Es erschien jedoch nicht rathlich, dasselbe wieder herauszubringen, da verschiedene Anzeichen hindeuteten, dass der Wind bald heftiger werden, und die Fortsetzung der Arbeit unmöglich machen würde. In den folgenden Tagen war der Wind in der That bedeutend stärker geworden.

Am 30. April wurde das Seegatt untersucht. Die Vertiefung an dieser Stelle gab sich sehr auffallend zu erkennen, und die Rinne hatte ganz entschieden den Strom aufgenommen, und in der Breite und in der Länge sich ausgedehnt.

Am 4. Mai konnte endlich die Arbeit wieder aufgenommen werden. An diesem Tage wurde der stromaufwärts gelegene östliche Theil der Bank angegriffen, und obwohl die See schon etwas mässiger geworden war, so ging die Vertiefung doch noch ganz nach Wunsch von Statten. Abends stellte sich heraus, dass der Wind besonders heftig gewesen wäre, Wellen, die besonders auf der Bank, wo das Boot lag, so heftig waren, dass man zurückkehren musste.

Am 6. Mai wurde die Witterung wieder günstig und am 7ten das Boot bei Tagesanbruch heraus. Durch die ganze Bank sich bereits eine regelmässige weite und tief Rinne gebildet. Tiefe betrug grossentheils 12 Fuss, nur am äussern und an Rande der Bank war sie etwa 1 Fuss geringer; einzelne Stellen in der Mitte bedurften auch noch der Nachhülfe. Da der Strom jetzt schon viel schwächer geworden war, und nicht mehr die Geschwindigkeit von 2 Fuss in der Sekunde hatte, so durfte die frühern auffallenden Erfolge nicht mehr erwarten. Ausserdem hörte der starke Erguss der Negat bereits auf, und es musste der aus dem Haff kommende Strom sich in Kurzem auch mehr vermindern. Ein ferneres Aussetzen der Arbeit erschien ganz unzulässig.

Ich liess das Boot zuerst an die innere, oder stromaufwärts liegende Seite der Bank legen, und hier die Arbeit beginnen. Erfolg des Kratzens stellte sich nur langsam ein, war aber doch nicht zu verkennen. Um eine Unterbrechung während der Nacht zu umgehn, bestellte ich noch eine dritte Ablösung der Mannschaft. Auf diese Weise wurde bis zum 5ten Abends die Arbeit ununterbrochen fortgesetzt. Die starke Mannschaft, die ich zuord hatte, konnte, ohne Störung zu verursachen, selbst die Arbeit verlegen. Dieses geschah, indem ein dritter Anker zuerst verbracht, und hieran das Boot befestigt wurde, bevor man einen ersten Anker lichtete.

Am 8. Mai gegen Abend war das äussere Ende der Bank sichtbar, und das neue Fahrwasser, das genau in der gewählten Richtung lag, hatte auf den mittlern Wasserstand von 7 Fuss fast am Pegel reducirt, durchweg die Tiefe von 12 Fuss. Es war also trotz der ungünstigen Witterungs-Verhältnisse, welche die gehörige Benutzung des stärksten Stromes verhindert hatten, doch Alles erreicht, was man wünschen durfte. Von manchen Seiten wurde freilich bezweifelt, ob dieses Resultat die Folge der Auflöckerung des Grundes, oder vielleicht nur die natürliche Wirkung des Stromes gewesen sei, und man muss wohl unbedingt annehmen, dass nach aller Wahrscheinlichkeit der Strom auch ohne Auflöckerung gerade an derselben Stelle sich sein Bett gemacht haben würde, weil die Richtung, in welcher die Arbeit genommen wurde, eben mit Rücksicht auf den tiefen Schlauch

ausgesucht war, der sich schon vorher bis gegen die Barre zog. Meines Erachtens ist indessen die starke Vertiefung, während der Auflockerung eintret (die freilich außer mir kein Mannschaff auf dem Boote von Niemand bemerkt wurde), ein ganz sicherer Beweis für den Nutzen dieser Arbeit. In dem nächsten Jahre war keine Veranlassung, zur Wiederholung dieses Versuches, auch ist, soviel mir bekannt, ein solcher seitdem nicht wieder gemacht worden.

Man hat gewiss schon vielfach versucht, in ähnlicher Weise wie eben beschrieben, Rechen oder andre Vorrichtungen zum Lockern des Grundes nicht durch den Strom, sondern durch Menschenkraft in Bewegung zu setzen. Belidor theilt einige sehr gehörige Vorschläge mit *), wobei nur der Unterschied stattfindet, dass eine sehr geringe Wassertiefe von 1 oder höchstens 2 Faden vorausgesetzt ist, und sonach die Pferde unmittelbar den Apparat ziehen. Letzterer soll entweder in einem Pfluge bestehen, dem gewöhnlichen Pfluge nicht unähnlich, oder in einem Rechen, dessen Einsenkung von einem Arbeiter regulirt wird, der in einem aufgehängten Nachen steht. Im letzten Falle kann die Auflockerung nur erfolgen, während der Nachen gegen den Strom fährt, weil sonst seine Stellung nicht behalten würde. Es ist freilich nicht gleichgültig, ob der Rechen stromauf- oder abwärts bewegt wird, aber ein Uebelstand ist es, wenn die Wirkung nicht ununterbrochen stattfindet. Hierbei mag noch erwähnt werden, dass Belidor gleichzeitig ein Mittel bezeichnet, wodurch der feste Thonboden, der von allen Krätzen wohl wenig angegriffen wird, der Einwirkung des Stromes ausgesetzt werden soll. Dieses Mittel besteht darin, dass in ziemlich geringen Entfernungen Löcher mit einem Sackbohrer in das Flusshette gebohrt werden sollen.

Zur Bewegung der Krätzen hat man in England auch die Dampfkraft benutzt. An der Mündung der Mersey wurden während der Jahre 1839 und 1840 Rechen, woran anfangs nur Ketten hingen, die später aber mit festen Zinken versehen wurden, durch kräftige Dampfkräfte über die Barre gezogen, dabei war die Vorrichtung angebracht, dass die Krätz-Apparate nur bis zu einer gewissen Tiefe herabsinken konnten, und sonach ihre Wirkungskraft

*) *Architecture hydraulique*. Vol. IV. Seite 336.

erte, sobald sie an eine Stelle kamen, wo hinreichende Tiefe vorhanden war. Das Fahrwasser vertiefte sich während Operation sehr bedeutend, aber auch hier entstand nach Hübbe's Mitteilung der Zweifel, ob das Kratzen dazu wesentlich beigetragen habe, oder der Strom gerade in dieser Zeit sich von selbst gebildet hatte. In einem Vortrage, der in der British Association über dieses Unternehmen gehalten wurde, wird die eintretende Vertiefung unbedingt als Folge der Auflockerung des Grundes bezeichnet.^{*)} Ein ähnlicher auf der Clyde unterhalb Glasgow angestellter Versuch soll kein Resultat gegeben haben: dasselbe scheint auch auf dem An-Strome bei Groeningen der Fall gewesen zu sein, da man das zu diesem Behufe eingerichtete eigenthümlichen Schwerdtern und einem Segel unter Wasser ohne Fahrzeug nur kurze Zeit hindurch benutzte, und bald die Sielpfluge wieder überging. Dieses Fahrzeug trug übrigens Rechen, oder die Kratze an zwei Krahnbalken, die über den Segel herausreichten, wobei die Wirkung sich wieder allein auf einigen uniefen Stellen beschränkte, wo die Schifffahrt behindert.

Der Grund des Misslingens im letzten Falle ist vielleicht der geringen Geschwindigkeit des Wassers zu suchen, die im ersten Falles nur 6 Zoll bis 1 Fuss betragen haben soll.^{**)} Der an der Weser seit langer Zeit übliche sogenannte Pflug, 210, ist dem beschriebenen Rechen nicht unähnlich. An einem Balken aus schwarzem Kreuzholz von etwa 10 Fuss Länge sind im Abstände von 6 Zoll eiserne Zinken von 9 Zoll Höhe angebracht. An der obern Seite des Balkens befinden sich zwei hölzerne Stiele von etwa 6 Fuss Länge. An jedem Ende ist der Balken mit einem Ringe versehen, und in diese sind zwei Taue gesteckt, die sich in geringem Abstände zu einem einzigen Knoten binden, woran der Pflug gezogen wird. Eine Eigenthümlichkeit im Gebrauch dieses Apparates liegt darin, dass er weder mit dem Strome, noch gegen denselben, sondern quer durch das Fahrwasser gezogen wird. Man will nämlich nicht die Beseitigung des sämtlichen gelösten Materials dem Strome überlassen, vielmehr sollen die obern Geschiebe an die Seite, auch wohl auf das Ufer geschafft

*) *Civil Engineer and architect's Journal*. Vol. II. Seite 421.

**) *Crelle's Journal für die Baukunst*. Band 18, Seite 90.

werden, während der feinere Kies und Sand allerdings fortgeführt wird. Ausserdem gewährt diese Art der Bewegung auch den unverkennbaren Vortheil, dass die Menschen oder die Thiere, die den Pflug bewegen, am Ufer oder wenigstens im Wasser bleiben. Zuweilen lässt man den Pflug unmittelbar von Menschen ziehn; besonders geschieht dieses, wenn es nur ankommt, auf kurzen Strecken eine geringe Vertiefung zu anlassen, die Arbeit also nicht bedeutend genug ist, um Anstalten dazu zu treffen. In diesem Falle hat der Pflug gemeinhin nur geringere Dimensionen, und oft brauchen die Arbeiter ihn sogar selbst, wenn sie eine untiefe Stelle finden, wo sie ihn müssten. Bedeutend grösser ist der Erfolg, wenn Pferde oder Ochsen vorgespannt werden, und am vortheilhaftesten dürfte wohl sein, wie auch zuweilen geschieht, eine Erdwinde am Ufer aufzustellen und durch diese den Pflug durch das Wasser zu ziehn.

Hinter dem Pfluge gehen gemeinhin vier Arbeiter, theils an den erwähnten Stielen in senkrechter Stellung, theils aber auch, und namentlich wenn der Kies festgelegt auf den Balken treten, und dadurch das Eingreifen der Arbeiter befördern. Dieses kräftige Eingreifen ist aber bei dem Pfluge von grosser Wichtigkeit, insofern das Zurückbringen des Pfluges vor dem Beginne eines neuen Zuges immer mühsam und raubend ist. Man muss daher die Wirkung jedes einzelnen Arbeiters möglichst zu vergrössern bemüht sein. Das Zurücktragen geschieht durch dieselben Arbeiter, welche dem Pfluge folgen. Sie bleiben also immer im tieferen Wasser, und dieser Umstand bedingt die Anwendbarkeit des Apparates ausserordentlich, denn kann er vor dem Eintritt des kleinen Wassers gar nicht gebraucht werden, theils aber können die Arbeiter, ohne ihrer Gesundheit zu schaden, auch nur in den Sommermonaten mehrere Wochen und selbst ganze Tage hindurch im Wasser zubringen.

Der Erfolg des Pflügens ist nach der vieljährigen und wiederholten Benutzung desselben als ganz sicher anzusehen. Untiefen werden dadurch in sehr kurzer Zeit, und mit geringen Kosten, als durch Baggern beseitigt. Ein Uebelstand im Gebrauche liegt aber darin, dass gemeinhin an derjenigen Stelle, von wo der Zug ausgeübt wird, dicht neben dem Fahrwasser

zurück sich bildet, der nicht selten sogar über die Oberfläche des Wassers tritt, und für die Stromregulirung um so nachtheiliger ist, als er vorzugsweise aus dem gröbsten Geschiebe besteht, das zwischen den Zinken nicht hindurchdringen konnte, und auch vom Strome nicht leicht fortgetrieben wird. Es ist daher wohl dringend nöthig, diesen Rücken, nachdem das Bett aufgeräumt ist, wenigstens so weit zu beseitigen, als durch Abgraben möglich ist. Vortheilhafter wäre es noch, wenn sich würde dadurch der baldigen Verfüllung der vertieften Stellen vorgebeugt werden, wenn man ausserdem durch fortwähren- den Abgraben das herausgebrachte Material noch näher an das Bett bringt, und der Sohle des Strombettes eine regelmässige Abneigung bis zum Fahrwasser giebt.

Ich komme endlich zur Beschreibung desjenigen Apparates, der in allen ähnlichen wohl am häufigsten Anwendung gefunden, und am längsten im Gebrauche ist, über dessen Wirksamkeit ich am wenigsten zweifelhaft sein kann. Dieses ist die Einrichtung einer sehr vollständigen Stau-Vorrichtung, wodurch das Profil des Stromes umfasst wird, mit einem Rechen, der den Grund angreift. Dieser Apparat ist seit langer Zeit in allen norddeutschen und holländischen Häfen mit unverminder- tem Erfolge benutzt worden. Man nennt ihn den Sieltie- den, und er dient zur Erhaltung der Tiefe in den Sieltiefen, in den Kanälen, welche die Sielte oder Entwässerungs- mit dem eigentlichen Strombette verbinden. Die Sielte, welche immer in den Deichen liegen, haben häufig so grosse Oeffnungen, dass die kleinern Küsten-Fahrzeuge mit niedrigen Masten hindurchgehen können. Dieses darf aber nicht der höchsten Fluth geschehn, weil dadurch das Binnenwasser Gefahr kommen könnte; die Schifffahrt ist vielmehr nur dann möglich, wenn das Wasser nahe den niedrigsten Stand erreicht hat. In den Sieltiefen werden aber zur Zeit des Hochwassers, sobald das Sieltief unter Wasser steht, in der Quere überströmt und durch den Rechen daher sehr schnell. Man muss aus diesem Grunde auch noch auf andre Weise für ihre Offenhaltung sorgen. Dies geschieht theils durch gewöhnliches Spülen, indem beim hohen Wasserstande der Ebbe das Binnenwasser durch das Sieltief strömt, theils aber kommt man der Wirkung dieses Stromes entgegen, indem man den Rechen in der Richtung des Stromes

noch dadurch zu Hülfe, dass man den Siel-Pflug benutzt. Im Vorhafen von Bremerhafen, oder in dem Kanale, welcher die Verbindung des eigentlichen Hafens mit der Weser darstellt, wird der Siel-Pflug mit sehr günstigem Erfolge gleichfalls angewandt, und wenn man ihn in der neuesten Zeit daselbst nicht mehr benutzt, so hat dieses nur darin seinen Grund, dass dem Bagger beim Spülen des Kanales eine grosse Wassermenge entzogen wird, die zur Zeit der höchsten Fluth aus der Weser wieder ersetzt werden musste. Im Fluthwasser der Weser schweben aber so viele Thontheilchen, dass dasselbe nicht nur trübe, sondern stark schlammig ist, und dieser Thon sinkt zu Boden, sobald das Wasser in Ruhe kommt. Dieser starke Niederschlag erfolgte daher im Hafen, da man bemerkte darin jedesmal eine starke Verschlickung, wenn der Vorhafen gespült war. Die Baggerung im Hafen war daher bei dem lebhaften Schiffsverkehr sehr schwierig, woher aus neuester Zeit von dem Gebrauch des Spülens und des Sielpfluges abgegangen ist, und es vorzieht, durch unmittelbares Baggen im Vorhafen die erforderliche Tiefe zu erhalten.

Mit manchen zweckmässigen, wenn auch nicht gerade vortheilhaften Abänderungen hat man den Siel-Pflug auch zur Vertiefung von binnenländischen Flussbetten und Kanälen mit grossen Vortheil benutzt, und namentlich ist dieses in neuerer Zeit in Frankreich und England geschehn. Der in Frankreich in der Nähe von Rochefort benutzte Apparat hat sich nach den Mittheilungen des Ingenieur Masquelez *) überaus wirksam gezeigt, wober ich denselben zunächst beschreiben will. Er wurde zur Aufräumung der beiden Kanäle von Brouage und von Charras und des Kanals von Brouage angewendet. Die beiden bekannten Kanäle dienen hauptsächlich zur Entwässerung der dortigen Niederungen, werden jedoch auch gleichzeitig zur Schifffahrt benutzt, und mit Hülfe der Schleussen kann man bei dem starken Wechsel des Wasserstandes in Folge der täglichen Fluth eine hinreichend starke Strömung erzeugen. Der erste Kanal verbindet die Charente mit dem Hafen von Brouage und ist etwa 23 Meilen lang, der zweite verbindet die Gère mit der Charente ohnfern der Mündung der letztern, seine Länge beträgt etwas über 14 Meilen.

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1852. I. Seite 376. f.

Nach mehrfachen Abänderungen des Apparates, die sich beim
 Sache als nöthig herausgestellt hatten, wurde die in Fig. 211
 auf. L. dargestellte Einrichtung gewählt. Ein Prahm von
 16 Fuss Länge, 16 Fuss Breite und etwas über 6 Fuss Höhe
 an seinem hintern Ende den Rechen; die Dimensionen des
 Prahms waren durch die des Kanals und der Brücken und
 sonstigen bedingt. Der Prahm musste nämlich durch letztre hin-
 geführt werden können, nachdem die Flügel des Rechens
 geschlagen waren, und seine Länge musste so gering blei-
 ben, dass er im freien Kanale überall wenden konnte. Der mittlere
 Theil der Stauwand, der den Rechen bildet, ist gleichfalls 16 Fuss
 lang, da diese Länge aber nicht zur Schliessung des Kanal-
 es genügt, so sind an den Seiten noch Flügel angebracht,
 jeder sich um eine vertikale Axe auf den Haken A dreht,
 (Fig. 211 d) sichtbar sind. Durch diese ersten Flügel erhält
 die Stauwand eine solche Ausdehnung, dass sie das Profil an den
 beiden Stellen schliesst. Um aber an allen Stellen, wie ver-
 schieden das Profil auch sein mag, dasselbe immer möglichst voll-
 ständig zu schliessen, so befinden sich an jedem der erwähnten
 Flügel noch drei andre, die sich um schräge Axen mittelst Char-
 nieren drehn, und die bald mehr bald weniger sich von selbst
 ausseren oder einziehen, und sonach jedes Profil ungefähr darstellen.
 Der mittlere Theil der Stauwand, an dessen unterm Rande
 6 Zoll hohen eisernen Zinken befestigt sind, besteht zunächst
 aus zwei hochkantig über einander gestellten Bohlen von 6 Zoll
 dicken Stärke. In die obere Bohle sind sieben Stiele eingezapft,
 welche durch ein Rahmstück verbunden sind. Zur Verbindung
 der Bohlen unter sich und mit den Stielen dienen die aufgenagelten
 Eisenbänder, welche die Figuren zeigen. Die vier Oeffnungen
 zwischen den mittleren fünf Stielen werden durch eben so viele
 Stiele geschlossen, die nur in dem Falle gezogen werden, wenn
 gelöste Material sich vor dem Rechen stark angehäuft hat,
 jedoch bei gehöriger Vorsicht niemals geschehn darf.
 An jeder Seite des Prahms tritt ein starker Krahnbalken vor,
 an seinem Ende zwischen hochkantigen Schienen (Fig. 211
 auf. f) zwei Scheiben und ausserdem eine Leitrolle trägt.
 Diese Scheiben sind an jeder Seite über den obern Bohlen
 der Stauwand befestigt, und bilden in Verbindung mit den obern

Scheiben zwei Flaschenzüge, woran die Stauwand blatt. Enden der darin eingezogenen Taae sind in gleicher Richtung eine Erdwinde geschlungen, die auf dem Prähm steht. Bei drehen der Erdwinde ziehen daher beide Flaschenzüge gleich an, und sonach kann die Wand leicht gehoben oder gesenkt werden.

Die erwähnten Leitrollen, gegen welche sich die beiden Stiele lehnen, halten die Wand zurück, und verhindern sie vom Prähme zu entfernen. Hierdurch ist ihre lothrechte Stellung aber noch keineswegs gesichert, denn sie behält dabei die Freiheit, sich so zu neigen, dass ihr obres Ende auf den Boden fallen könnte. Dieses wird durch zwei Rahmen verhindert, sich um vertikale Axen drehen lassen und sich an zwei Masten der Stauwand lehnen. Endlich wird die Stauwand noch von vier Taae (Fig. 211 a) gehalten. Soll die Stauwand aus dem Wasser gehoben werden, was jedesmal geschehen muss, der Prähm stromaufwärts gezogen wird, so geschieht dies zunächst mittelst der Erdwinde, bis die Wand eine solche Höhe erreicht hat, dass sie nur noch wenig in das Wasser ragt. Alsdann dreht man die beiden beweglichen Rahmen zurück, lässt die Wand, indem man die obern Taae anzieht, die untern nachlässt, auf den Prähm fallen. Die Flügel sind in diesem Falle schon vorher auf die Wand zurückgeschlagen.

Will man von der Maschine Gebrauch machen, so darf dieselbe keineswegs sogleich am obern Ende des Kanales in Tätigkeit gesetzt werden, weil dasjenige Material, das sie auflöst, über alle untiefen Stellen, die sich weiter abwärts befinden, nicht fortgeschafft werden könnte. Man fängt daher die Reinigung etwa eine halbe Meile oberhalb der Mündung an, nachdem die unterste Strecke gereinigt ist, beginnt man die Reinigung eine halbe Meile weiter aufwärts, und so fort, indem man jedesmal das gelöste Material bis in das Meer herabschiebt. Andre Vorsicht, die nicht versäumt werden darf, besteht darin, dass die Wasserpflanzen, welche in der ganzen Ausdehnung des Kanäle sehr üppig zu wachsen pflegen, zuvor geschneitten und herausgeschafft werden müssen.

Sobald der Prähm an der Stelle ist, wo mit der Aufreinigung der Anfang gemacht werden soll, bringt man ihn in die richtige Richtung, und indem er an beiden Ufern befestigt ist, wird

Land auf, breitet die Flügel aus, und lässt den Rechen 4 bis 6 Zoll tief in den Grund eingreifen. Die Zeit der Arbeit muss gewählt sein, dass beim Oeffnen der Schleuse ein kräftiger Strom im Kanale entsteht: in Folge desselben erhebt sich sogleich Wasser vor der Stauwand, und nachdem die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser auf $4\frac{1}{2}$ bis 6 Zoll angewachsen ist, setzt sich der Prahm von selbst in Bewegung. Der Rechen hebt immer neues Material vom Grunde und treibt die ganze gelöste Masse vor sich nach der See. Dieses Material besteht theilweise aus Moor-Erde, die im Allgemeinen den Grund der Gräben bildet. Es münden jedoch seitwärts mehrere Bäche in Kanäle, die Kies und Sand führen, und beim Verladen der Fruchsteine vor den Steinbrüchen, die zum Theil neben den Gräben liegen, fallen häufig Steine von 4 bis 6 Centner Gewicht in den Kanal, die durch den Rechen gleichfalls gehoben und fortgetrieben werden müssen.

Die Räumung geht ganz sicher und regelmässig von Statten, wenn man nur dafür sorgt, dass der Prahm ohne Aufenthalt fortbewegt wird. Kommt er zufällig zum Stillstande, und kann er nicht sogleich wieder in Bewegung gesetzt werden, so sinkt die ganze gelöste Erdmasse nieder und lagert sich sehr schnell so ab, dass man sie nur nach und nach wieder in Bewegung setzen muss. Dieses geschieht schon, wenn der Prahm auch nur etwa 10 Minuten lang angehalten wird. Hiernach ist es dringend zu empfehlen, die Maschine nicht zu stark eingreifen zu lassen, und falls zufälliger Weise ein starker Widerstand sich irgendwo zeigen sollte, sogleich den Rechen zu heben. Aus diesem Grunde darf der Rechen während der Bewegung nicht tiefer als etwa 3 Zoll in den Grund eingreifen, und die Erdwinde muss fortwährend mit einer Mannschaft besetzt bleiben, damit der Rechen augenblicklich gehoben werden kann, wie der Prahm in Folge eines plötzlichen Widerstandes aufgehalten wird. Damit die gelöste Erde sich nicht zu stark zwischen den Prahm und den Rechen anhäuft, ist der Boden des erstern nicht horizontal durchgeführt, sondern hebt sich bedeutend am hintern Ende. Sollte aber dennoch die Erde sich hier zu stark anhäufen, und die Bewegung des Rechens verhindern, so öffnet man die Schütze und erzeugt durch einen kräftigen Strom, der die Masse fortspült,

Die Erscheinungen, die bei dem Gebrauche dieses Apparates eintreten, werden als höchst überraschend und fast wunderbar dargestellt. Wenn nämlich der Prahm bereits eine Strecke gegangen ist, und eine bedeutende Erdmasse gelöst hat, so sieht diese nicht etwa als leicht flüssigen Schlamm, sondern als dicken und zähen Brei vor sich her, und dieser tritt häufig über die Oberfläche des Wassers heraus, und bietet alsdann den Anschein eines frisch gepflügten Ackers. Diese Masse ist in fortwährender Bewegung: die zuletzt gelöste Erdschicht steigt wie der Hebel in einer Hobel neben dem Prahm aufwärts und schiebt die bereits in Bewegung befindliche Masse fort. Am vordere derselben bemerkt man auch eine Art von rotirender Bewegung wie am Umfange eines rollenden Rades. Die Theile, die aufliegen, eilen den andern voran und stürzen vorn in den Kanal. Diese Masse füllt den Kanal in der Breite und Tiefe vollständig an, und hat oft eine Längen-Ausdehnung von mehr als 200 Ellen. Am überraschendsten ist es aber, dass man zu Zeiten schwere Steinblöcke auf der Oberfläche und sogar über dem vortreten sieht, welche, ihres grossen Gewichtes ungeachtet, der allgemeinen Bewegung gleichfalls Theil nehmen.

Die Durchführung des Prahms durch die Brücken und engen Stellen bietet wegen der heftigen Strömung daselbst grosse Schwierigkeiten. Man darf es nicht wagen, den Prahm hier dem Strömung allein zu überlassen, daher werden vorher Tauen ans Ufer geworfen, die man um Pfähle schlingt, und daran den Prahm hindurchführt.

Zum Beweise des grossen Vortheils, den dieses Verfahren gewährt, führt Masquelez an, dass die Ausbaggerung des Sieltiefs von Brouage, der, wie es scheint, nur in einem Sieltief besteht, in früherer Zeit jährlich 43,600 Franks kostete, wogegen die Ausbaggerung mit dem beschriebnen Rechen mit 200 Franks bestritten wird. Die Ausgaben sind daher bei Anwendung der Maschine auf weniger als den zweihundertsten Theil der Summe ermässigt.

Der Sielpflug, den man, wie erwähnt, in Deutschland und den Holländischen Nordseehäfen mehrfach findet, stimmt mit dem beschriebnen Apparate sehr nahe überein. Ein Prahm trägt falls am hintern Ende die Stauwand, die wieder aus dem

ce und den Flügeln besteht. Die Anzahl der Flügel be-
trägt sich indessen gemeinhin auf zwei, und diese drehen
sich um vertikale Axen. Das Mittelstück ist unten wieder mit
einer Reihe eiserner Zinken versehen, die jedoch immer gegen
12 Zoll hoch sind. Auch kann die Wand auf dem Prahm zu-
geschlagen werden, ihr fehlen indessen häufig die Schütze
zugleich die Vorrichtung, wodurch sie willkürlich gehoben
und gesenkt werden kann. Sie drückt alsdann immer gleich-
mässig und zwar nach Maassgabe ihres Gewichtes auf den Grund
und wird nur durch Flaschenzüge, die theils oben theils unten
angebracht sind, in der lothrechten Stellung gehalten.

Auch in England hat man eine ganz ähnliche Maschine zur
Auflockerung und Schiffbarmachung zweier kleinen Flüsse mit voll-
ständigem Erfolge angewendet. *) Ein Müller in Senton östlich
von Canterbury in Kent wünschte den Fluss, der kleine Stour
genannt, bis zu seiner Mühle schiffbar zu machen. Der Fluss
war 10 bis 30 Fuss breit und war stellenweise nur 12 Zoll tief,
in der Entfernung von derjenigen Stelle, bis zu welcher die Schiffe
aufgehen konnten, betrug aber 5 Englische Meilen, oder
etwa über eine Preussische Meile. Das Bette besteht grossen-
theils aus Sumpfboden, nur an einzelnen Stellen fand sich Sand
und Kies. In den ersten Jahren dieses Jahrhunderts wurde mit
einem Apparate, der wesentlich wieder nichts Anders als ein
Flusszug ist, ein Versuch angestellt und dieser hatte so guten
Erfolg, dass das Bette sich um 4 Fuss vertiefte, und leicht
in dieser Tiefe erhalten werden konnte, indem man einmal im
Jahre oder auch nur alle zwei Jahre die Aufräumung wiederholte.
Der Fluss hat aber nicht nur die schiffbare Tiefe an-
genommen, sondern sich ausserdem auch etwas gesenkt, so
dass die anliegenden Sümpfe in fruchtbare Wiesen verwandelt
wurden. Bei dem guten Erfolge wurde dasselbe Verfahren auch
am grossen Stour-Flusse in der Nähe angewendet, wo-
bei es eben so günstige Resultate gab, wiewohl die Breite
des Flusses 60 Fuss betrug, und die Tiefe von 5 bis 6 Fuss dar-
gestellt werden musste.

*) *Transactions of the Institutions of civil engineers.* Vol. II.
London 1838, Seite 181.

Der Apparat, der auf dem kleinen Stour benutzt wird, besteht wieder aus einem Prahm von 30 Fuss Länge und 11 Fuss Breite, an dessen hinterm Ende, welches stumpf abgeschlossen ist, der mittlere Theil der Stauwand von 13 Fuss Breite an zwei gezahnten Stangen hängt. Letztere werden von zwei Getrieben an einer gemeinschaftlichen Axe gefasst, und sonach kann die Stauwand beliebig gehoben und gesenkt werden. Sie lehnt sich fest gegen die senkrechte Hinterwand des Prahms, und wird durch zwei Ketten, die sie unten und zwar an beiden Seiten fassen, in der senkrechten Stellung gehalten. Die Stauwand ist in der Mitte 6 Fuss hoch, und mit keinen Schützvorrichtungen versehen. Sie trägt am untern Rande achtzehn breite eiserne Zinken, von 1 Fuss Länge, die nahe horizontal umgebogen sind, so dass sie in der Richtung der Bewegung wie eine Reihe von Pflugerhaaren auftreten. An jeder Seite dieses Mittelstückes der Stauwand befindet sich ein Flügel von 16 Fuss Länge. Beide Flügel drehen sich um vertikale Axen und lehnen sich mit ihren äussern Enden, während die Maschine in Wirksamkeit ist, gegen die Ufer. Vom Prahme aus tritt aber in dessen Axe ein starker Baum in horizontaler Richtung etwa 18 Fuss weit über die Stauwand hervor; derselbe ist durch zwei Seitentaupe abgesteift, und beide Flügel können an ihn herangezogen werden, sobald man den Gang der Maschine unterbrechen will.

Ueber die Art der Wirkung des Apparates wird erzählt, dass hinter der Stauwand sich ein Stau von 6 bis 12 Zoll bildet, und dieser den Prahm mit der ganzen gelösten Erdmasse vor sich treibt, wenn letztere auch mehrere hundert Yards vor den Kanal vor dem Prahme bereits anfüllt. Die Erscheinung ist also ziemlich übereinstimmend mit derjenigen, die man bei Roddelfort bemerkt hat. Die Operation beginnt aber wieder nicht am obern Ende der zu vertiefenden Strecke, vielmehr nur etwa eine Englische Meile (nahe eine Viertel Proussische Meile) oberhalb der Mündung des Flusses, und nachdem dieser Theil gereinigt ist, setzt man die Maschine wieder eine Englische Meile weiter aufwärts in Bewegung und so fort, bis man zuletzt den Fluss in seiner ganzen Länge durchfährt. Die Dauer der ganzen Operation wird auf 5 oder 6 Tage angegeben, und noch bemerkt, dass die Geschwindigkeit, selbst wenn die Maschine nur wenig

92. Beseitigen der Baumstämme u. dgl. 281

et, nie grösser als 3 Englische Meilen in der Stunde, oder 4 Fuss in der Sekunde ist. Wahrscheinlich ist indessen Bewegung gemeinhin viel langsamer.

§. 92.

Beseitigen der Baumstämme, Steine u. dgl.

Häufig befinden sich an einzelnen Stellen des Fahrwassers Gegenstände, welche weder durch Verstärkung des Stromes, noch durch Baggern oder Auflockern des Grundes beseitigt werden können. Dieses sind vortretende Felsenköpfe, lose Steine, oder Baumstämme, auch wohl verzunkene Schiffe u. dgl. sind um so gefährlicher, als sie gemeinhin steil aus dem Wasser vortreten: die Schiffe werden daher nicht sanft aufgeschoben, wie auf Sandbänke, sondern stossen vielmehr scharf darauf an. Ausserdem liegen diese Gegenstände fast immer so fest am Grunde und sind an sich so hart, dass sie selbst nicht nachgeben oder ausweichen. Die Wirkung des Stosses pflegt daher das Schiff zu treffen, welches dabei leicht leck werden, ja sogar sinken kann.

Bei einem regulirten Strome, dessen Fahrwasser keinen ständigen Veränderungen unterworfen ist, dessen Ufer auch geschützt sind, wenigstens nicht so schnell abbrechen, dass man darauf stehenden Bäume nicht vorher entfernen könnte, pflegt leicht ein neuer Baumstamm in das Fahrwasser zu treten; dagegen finden sich solche fast jedesmal sehr zahlreich. Früherer Zeit in dem ganzen Bette und sogar in der ganzen Ausdehnung des Flossthales im Sande und Kiese vergraben, so dass der Strom sich selbst überlassen ist, und die tiefere Rinne, die immer als Fahrweg benutzt werden muss, sich häufig ändert, so kommen immer andere Baumstämme, die bisher verdeckt waren, zum Vorschein. Wie nothwendig die Beseitigung derselben zur Sicherung der Schifffahrt auch ist, so muss bei der grossen Veränderlichkeit der Rinne doch zuweilen Vorkehrungen treffen, die mühsame Aushebung der Stämme immer zu vermeiden. Neuem vorzunehmen, man begnügt sich daher häufig, die Stellen, wo sie liegen, durch Stangen oder sogenannte Banken zu markieren,

In kleinen Flüssen, auf welchen lange Zeit hindurch Flösserei in losen Scheiten betrieben ist, finden sich ganze Bänke von versunkenem Scheitholze vor, deren Beseitigung ebenfalls sehr schwierig wird, sobald man diese Flüsse schiffbar machen will. Da jedoch die Holzstücke in diesem Falle eine Länge von 4 bis 6 Fuss zu haben pflegen, auch von aller Art Wurzeln frei sind, und daher nicht so fest im Sande sitzen, so lassen sie sich mit Stangen oder Haken ansprechen, und sich noch leichter, wenn man zugleich einen starken Strom über leitet.

Der gewachsene Felsboden, der zuweilen die Sohle des Strombettes bildet, kann in doppelter Weise der Schiffahrt hinderlich und gefährlich werden; er liegt entweder in einer Ausdehnung so hoch, dass der Wasserstand darüber nicht reicht, oder wenn die nöthige Fahrtiefe im Allgemeinen auch vorhanden ist, so treten doch zuweilen einzelne Köpfe, wenn auch in geringer Ausdehnung über die Sohle vor. Die letzteren sind für die Schiffahrt besonders gefährlich, da gemeinhin über einer solchen Felsbank, in Folge der starken Beschränkung des Wassers, eine heftige Strömung sich bildet, die im Wasser eine unregelmäßige Bewegung erzeugt und aus diesem Grunde nicht mehr in der Fläche das Aufwallen über den Felsköpfen sicher erkennen lässt. Ausserdem theilt sich die Geschwindigkeit des Wassers an den zu Thal fahrenden Schiffe mit, und beim Aufstossen derselben gegen den Felsen pflegt die Wirkung so heftig zu seyn, dass die Bohlen und Inhölzer, welche getroffen worden, sofort zerbrechen. Von der Beseitigung der gewachsenen Felsen soll hier die Rede seyn; es muss indessen hier daran erinnert werden, dass man dieselben zuweilen durch Anlage von Wehren unterbricht, indem ein so hoher Wasserstand darüber erzeugt wird, dass die Schiffe sie nicht mehr berühren.

Mit den einzelnen losen Steinblöcken oder Geröllen verhält es sich ähnlich, wie mit den Baumstümpfen. In manchen Strombetten sind sie in grosser Menge im Sande und Kiese vergraben, und bei jeder Veränderung des Fahrwassers kommen andere zum Vorschein, die der Schiffahrt gefährlich sind und fortgeschafft werden müssen. Der Betrieb von Steinbrüchen und der Transport der Bruchsteine giebt aber häufig Ver-

dass neue Steine in das Flussbette und in das Fahrwasser kommen. Oft werden die Steine in hohen Ufern neben dem Ufer gebrochen, und hierbei geschieht es zuweilen, dass einzelne Blöcke über das Ufer hinaus in das Wasser rollen, auch wenn bei starkem Eisgange selbst grössere Steine vom Ufer abgerissen werden. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, durch polizeiliche Maassregeln dafür zu sorgen, dass vor dem Eintritt des Hochwassers das Ufer, soweit das Hochwasser ansteigen kann, gesichert wird. Am übelsten ist es aber, wenn die Schiffe, welche Steine geladen haben, festfahren, und die Schiffer beim grossen Werthe des Materials oder bei mangelhafter Controlle in der Abnahme der Steine lieber einige Blöcke über Bord, also in das Fahrwasser werfen, als durch Ueberladen in leere Fahrzeuge, oder Schiffe soweit zu erleichtern, dass sie die untiefen Stellen passieren können.

Demnächst geschieht es zuweilen, dass Schiffe im Fahrwasser versinken. Die Eigenthümer derselben wünschen häufig einen recht kleinen Wasserstand abzuwarten, um die Ladungen von den Schiffen selbst mit den geringsten Kosten herauszubringen. Dadurch kann die Schifffahrt indessen sehr erschwert, oder auch gefährdet werden. Es ist daher dringend nöthig, dass jedes Schiff, welches im eigentlichen Fahrwasser gesunken ist, ohne Rücksicht auf die Mehrkosten der Arbeit bei höherm Wasser, gehoben wird. Sollte der Besitzer sich hierzu nicht vornehmen, oder ganz unzulängliche Maassregeln ergreifen, so muss die Fortschaffung des Schiffes auf andern Wege und gemeinhin durch die Strombauverwaltung erfolgen. Dieses geschieht indessen auf Kosten des Eigenthümers, indem auf Schiff und Ladung ein Pfandrecht gelegt wird, bis die Kosten zurückgezahlt sind.

Auch Anker und andere Gegenstände finden sich zuweilen im Fahrwasser, und erschweren oder gefährden die Passage. Einer gehörig eingerichteten Strompolizei wird jedesmal auf die erste Anzeige über das Vorkommen solcher Schiffahrts-Hindernisse für deren Beseitigung gesorgt, und zwar geschieht dieses so schnell und mit Anwendung der kräftigsten Maassregeln, als tödend das Hinderniss ist.

Endlich werden manche Flüsse, besonders wenn sie sehr tief und im Sumpfboden eingeschnitten sind, während des Som-

mers durch einen starken Pflanzenwuchs gesperrt, was die Schifffahrt gleichfalls behindert, und ausserdem eine stärkere und schnellere Verlandung zur Folge hat. Beschreibt dieses in solchen Bassins, wo die Strömung sehr schwach ist, oder wohl ganz aufhört. Daher ist die Beseitigung der Kräuter, oder das sogenannte Krauten vorzugsweise in Kanälen nothwendig, um hier einer bedeutenden Erhöhung des Bettens zubeugen, indem die Blätter und Ranken, wenn sie nicht entfernt werden, und auf dem Boden liegen bleiben, in jedem Jahre eine neue Schicht vegetabilischer Stoffe bilden.

Ich mache mit der Beschreibung der letzten Operation, mit der des Schneidens und Aushebens der Pflanzen Anfang. Da die Wassertiefe in diesem Falle nie bedeutend sein pflegt, und gerade in den Sommermonaten, wenn die Vegetation am stärksten ist, die Arbeit vorgenommen werden muss, so geschieht dieselbe gewöhnlich in sehr einfacher Weise. Die Arbeiter gehen mit Sensen in das Bach oder Flussbett, oder den Kanal hinein, und mähen das Kraut in gleicher Weise wie das Wasser, wie sie dieses sonst im Felde thun. Das gelöste Kraut, das zunächst auf der Oberfläche schwimmt, wird aber mit Netzen aus Ufer gezogen.

In Masuren habe ich gesehen, dass man eine recht vortheilhafte Krautung der Bach-Betten durch eine Heerde von Pflaue bewirkt, die möglichst schnell und zwar dicht gedrängt in den Bache stromauf getrieben werden. Sie reissen beim starken Vorwärtsgen mit den Füßen die Stengel dicht über dem Boden ab, und lösen sogar theilweise die Pflanzen zugleich mit ihren Wurzeln. Dieses Mittel wirkt zwar sehr schnell, es ist aber für die Pflaue höchst angreifend und sogar gefährlich: die schwächsten können nicht rasch genug die Ranken abreissen können, werden von den andern so fest gehalten, als wären sie gebunden, und werden von den andern umgeworfen. Ausserdem muss das Bett sehr festen sandigen Untergrund haben, weil der Widerstand selbst die Kräfte der stärksten Pferde übersteigen würde.

Zuweilen bedient man sich auch besondrer Apparate zum Schneiden der Pflanzen in den Kanälen und Flussbetten. Der court schlug zu diesem Zwecke vor, einige Sichel an einem Ende einer vertikalen Axe zu befestigen, durch deren Drehung

Sicheln in derselben Weise wie beim gewöhnlichen Mähen, Kraut abschneiden sollten. Dabei muss indessen noch eine Richtung zum regelmässigen Fortschieben der Axe angebracht

Es ist mir nicht bekannt, ob jemals hiervon Gebrauch gemacht ist. In Frankreich findet die sogenannte Sense von Senonville vielfache Anwendung. Ihre Benennung hat sie von dem Orte erhalten, wo sie zuerst gebraucht sein soll: sie wird sehr wirksam und bequem selbst bei grösserer Wassertiefe benutzt. Ein eiserner Rahmen, bestehend aus zwei Stangen, unter einem Winkel von 60 Graden zusammengesetzt, und in der Mitte mit einander verbunden sind, tragen an den äussern Seiten zwei aufgenietete Sensen-Blätter (Fig. 212 Taf. LI). Aus der Mitte des auf diese Art gebildeten gleichschenkeligen Dreiecks biegt sich die Eisenstange, woran der hölzerne Stiel befestigt ist, rückwärts nach der Spitze, wo die beiden Sensenblätter zusammenstossen. Der Stiel ist gegen die Ebene des Rahmens unter dem Winkel von 36 Graden geneigt, und hat eine Länge von etwa 10 Fuss. Die beiden Sensenblätter lassen einen Raum von nahe 3 Fuss Breite.

Das Verfahren beim Schneiden ist dieses: man legt einen Prähm, oder ein Floss, dessen Länge nahe mit der Breite des Kanals übereinstimmt, quer über den letztern. Das Floss muss an beiden Ufern so weit nähern, dass es nur eben noch in der Richtung bequem fortgezogen werden kann. Auf beiden Ufern halten sich die Arbeiter, auch wohl die Pferde, die das Floss langsam fortziehen, und zwar muss dieses gegen den Strom geschehen, damit die Sensen um so leichter die Stengel der Pflanzen treffen, als wenn sie nicht etwa darüber fortgleiten. Das blosse Ziehen genügt indessen noch nicht zum vollständigen Abschneiden des Krautes, weil bei der grossen Beweglichkeit desselben leicht es zur Seite der Sensen aus, wenn diese nur langsam und sanft bewegt werden. Der Apparat muss fortwährend vielmehr hin und hergestossen werden, indem man ihn zurückschiebt und hierauf schnell anzieht. Auf dem Prähm oder Floss müssen sich daher noch die Arbeiter befinden, welche die Stiele der Sensen führen, und zwar müssen sie so nahe stehen, dass sie die ganze Kanalbreite und zugleich die Uferböschungen unter dem Wasser umfassen. Beim Fortziehen des Flosses erfolgt daher das Abschneiden gleich vollständig in

der ganzen Breite des Kanals. Auf diese Art ist die Arbeit sehr bei grösserer Tiefe leicht und sicher und mit geringen Kosten auszuführen. Bei einem Kanale von etwa 36 Fuss Breite an Wasserspiegel kostete die Räumung der laufenden Röhre um 1 Silbergroschen 3 Pfennige, und zwar einschliesslich des Anziehens des abgeschnittenen Krautes. *)

In England hat man auf dem obern Theile des Wilham-Flusses ein anderes Verfahren angewendet, wobei gleichfalls das Abschneiden der Pflanzen sehr schnell und mit geringen Kosten bewirkt werden soll. **) Man niethet nämlich ein Seenschnur an das andere, bis die Schneide so lang wird, dass sie die ganze Breite des Flussbettes überspannt. An jedes Ende der Schneide ist eine eiserne Stange befestigt, die von einem Arbeiter getrieben wird. An die untern Enden dieser Stangen sind aber Leinwand gebunden, die auf jedem Ufer von vier Mann, und zwar zwei den Strom gezogen werden. Wenn für Ablösung der Mannschaft gesorgt ist, soll man an einem Tage nahe eine deutsche Meile lang das Flussbett auf diese Art reinigen können. Man wendet aber die Schneide in der Mitte noch mit Gewichten beschweren, damit sie immer auf dem Grunde aufliegt.

Das Herausschaffen der theilweise oder beinahe ganz versandeten Baumstämme ist gemeinhin sehr schwierig, besonders wenn dieselben noch mit starken Aesten und Wurzeln versehen sind, womit sie tief in den Grund eingreifen.

Zunächst entsteht die Frage, wie der Stamm mit Sicherheit gefasst werden kann. Gewöhnlich bemüht man sich zu diesem Zwecke, eine Kette unter demselben hindurch zu ziehen, was aber, wenn der Stamm im Grunde liegt, nicht leicht ist, und erst nach manchen vergeblichen Versuchen zu gelingen pflegt. Die Stelle, wo man die Kette hindurchziehen will, muss zuerst ganz oder doch beinahe freigelegt werden, damit man mit Haken unter den Stamme durchstossen kann. Man beginnt daher mit dem Freiräumen des Sandes oder Kiesel, wozu Handbagger, einfache Kratzapparate u. dergl. benutzt werden. Alsdann setzt man die Spitze eines Boots-Hakens in eines der letzten Glieder der Kette

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1832. I. Seite 363.

**) *Civil Engineer and architect's Journal*. II. Seite 398.

Setzt den Haken in möglichst schräger Richtung unter den Stamm, indem man sich bemüht, durch fortgesetztes Drehen ihn zu treiben, dass er bis über die Mittellinie des Baumes reicht. Auf der gegenüberliegenden Seite muss besonders tief und freier Raum vorher gebildet sein, da von hier mit einem zweiten Haken die Kette gesucht werden soll. Sobald sie gefunden ist und der zweite Haken eines der Glieder hat, kann man die Kette vollends hindurchziehen. Wie kommen diese Methode auch ist, indem sie in einem sehr ern Probiren besteht, so führt sie doch fast jedesmal zum Ziele, besonders, wenn der Stamm nicht tief unter liegt, und die Arbeiter bereits einige Uebung erlangt

Bei Darstellung des neuen Bettes für den Allier benutzte (vertes *) statt des ersten Hakens ein Werkzeug, das einer gekrümmten Nadel nicht unähnlich ist. Dieselbe Vorrichtung hat man auch auf der Elbe angewendet.**) Fig. 213 den Apparat. Er besteht in einer 6 bis 8 Fuss langen unten eisernen Stange von 9 Linien Stärke, deren hinteres Ende an einem hölzernen Stiele befestigt ist. Vorn ist die Stange gekrümmt und mit einer Oese versehen, durch welche ein fingerdickes Seil gezogen wird. Sobald man dieses von der andern Seite mit dem Haken fassen kann, wird das eine Ende desselben gezogen, die Kette daran befestigt, und indem man das andre zurückzieht, schlingt man nicht nur die Kette um den Stamm, sondern bringt auch zugleich die Nadel wieder heraus. Die Methode stimmt mit derjenigen überein, die Bonvoux im Anfang dieses Jahrhunderts anwandte, um unter einem in der Gasse der Loire gesunkenen Schiffe mehrere starke Taus hinauszuziehen.***) Eine eiserne Nadel im Kreisbogen gekrümmt, 1 Zoll 2 Linien Stärke und 36 Fuss Länge war durch mehrere Speichen an eine horizontale Axe befestigt. Letztere ruhte

Description du nouveau pont à Moulins. 1771. Seite 16.
Die ganze daselbst angewendete Methode zum Fassen und Heben der Baumstämme ist vom Bau-Inspector Stelling sehr ausführlich in *Alle's Journal für die Baukunst* I. Seite 147 ff. beschrieben.
Mémoires des savans étrangers. Tom. V.

auf einem Gerüste in angemessener Höhe zur Seite des Schiffes. Die Nadel, die sonach die Felge eines unvollständigen Rades bildete, wurde durch eine Menge Arbeiter in den Grund gezogen, indem sie theils unmittelbar geschoben und herabgedrückt, aber durch Aufschlagen auf das Ende der Nadel und die Speichen bewegt wurde. Sobald aber eine Speiche nach dem andern tiefer in den Grund drang, oder vollends sich dem Schiffskörper näherte, wurde sie gelöst und beseitigt, und das Ende der Nadel erschien endlich auf der andern Seite des Schiffes. Die Leine, die auch hier an der Spitze der Nadel befestigt, diente wieder nur zum Anstecken und Durchziehen des Taues, woran das Schiff gehoben wurde.

Man kann die Zug-Kette in vielen Fällen weit bequemer ganz sicher an den zu hebenden Baumstamm befestigen, man in den letzten eine starke Holzschraube eintriefen, oder auch einen starken Bolzen mit Widerhaken eintriefen. In beiden Fällen muss indessen der Stiel, woran man entweder die Schraube dreht, oder auf dessen Kopf man mit dem Hebel schlägt, bis über das Wasser und sogar bis über den Kopf des Fahrzeuges heraufreichen, auf welchen sich die Arbeiter befinden. Es liesse sich freilich leicht die Einrichtung treffen, die den Stiel gelöst werden könnte, sobald die gehörige Befestigung erfolgt wäre: derselbe müsste indessen auch in diesem Falle an der Spitze ganz sicher fassen, damit diese tief in das Holz eingeht, und nicht etwa eine sehr schräge Richtung gegen die Oberfläche des Stammes annehmen könnte. Aus diesem Grunde ist es viel sicherer, den Stiel und die Spitze aus einem Stück darzustellen.

An das obere Ende des Stiels lässt sich die Kette am besten befestigen, weil man nicht hoffen darf, die Schraube oder den Bolzen gerade in der Richtung des Zuges einzutreiben, auch gemeinhin veränderlich ist, indem der Baumstamm beim Senken und Heben bald auf der einen und bald auf der andern Seite stärkern Widerstand findet. Wenn aber die Richtung des Zuges nicht mehr mit der Stellung der Eisenstange übereinstimmt, wird diese verbogen, und zwar um so leichter, je mehr sie von einander abweichen. Hiernach ist es nöthig, die Kette unmittelbar neben dem Stamme zu befestigen, und hierzu den

Fig. 214 dargestellte Einrichtung besonders empfehlen. Die Oese oder der Bolzen trägt nämlich unmittelbar über sich einen starken Kopf, gegen welchen sich eine gebogene Eisenplatte lehnt, die das erste Glied der Kette bildet. Bei Anwendung der Oese erreicht man hierdurch noch den Vortheil, dass die Kette bei Drehungen nicht Theil nimmt, und auch später an die andere Seite des Stieles gezogen werden kann, wo sie mit dem Stiel am wenigsten in Berührung kommt. Die in der Figur dargestellte Oese dient zur Aufnahme eines Hebels, womit man die Kette dreht; bei Benutzung eines mit Widerhaken versehenen Hebels ist die Oese entbehrlich und ein starker Kopf ihr vorzuziehen.

Nachdem die Kette auf die eine oder die andere Art am Stiel befestigt ist, so kommt es darauf an, den Stamm zu heben.

Die mechanische Vorrichtung, deren man sich dabei bedient, besteht gemeinhin aus zwei Fahrzeugen, die durch übergelegte Balken mit einander so verbunden sind, dass ein Zwischenraum von 10 Fuss frei bleibt, man pflegt auch zwei Windevorrichtungen, die eine am vordern und die andere am hintern Ende der Fahrzeuge anzubringen, um den Stamm sicher heben und schweben zu können. Gewöhnlich ist man gezwungen, den Apparat mit möglichst wenig Anlagekosten zusammenzusetzen, und man stellt alsdann eine sehr einfache Windevorrichtung dar, indem man ein möglichst gerades Stück Rundholz quer zwischen beide Fahrzeuge legt, an dasselbe die Kette befestigt und mit einem starken Arme die Winde dreht. Ein solcher Arm kann in seltenen Fällen, und zwar nur wenn er nahe horizontal gehalten ist, von mehreren Arbeitern gefasst und kräftig angezogen werden. Man bindet daher an sein äusseres Ende ein Tau, durch welches die Kraft der Arbeiter auf den Hebelsarm übertragen wird, sobald letzterer sich der senkrechten Stellung nähert. Aber dieses Mittel zeigt sich in den meisten Fällen ganz unzureichend, und man sieht sich oft gezwungen, an dem Arme sogar einen Flaschenzug anzubringen, um ihn schärfer anziehen zu können. Auf diese Weise pflegt man freilich endlich den Baum zu fällen, aber dieses geschieht so langsam und mit so vielfachen unterhaltenden Unterbrechungen, dass man bei häufiger Wiederholung derselben Arbeit nur wünschen kann, schneller zum Ziele zu kommen.

An der Elbe wurde deshalb, wie auch sonst schon, eine Schraubenvorrichtung benutzt, die den gertheil gewährt, dass die Arbeit immer beliebig unterbrochen kann, ohne dass man besorgen darf, dass der Baum einsinken möchte. Bei hölzernen Schrauben ist indessen die sehr gross, besonders wenn sie quellen, oder sich werfen. Wurden eiserne Schrauben mit metallnen Motttern gewählt, so waren mit horizontalen Axen versehen, worauf der Sattel ruhte. Die Spindeln waren 4 Fuss lang, 3 Zoll und hatten vierseitige prismatische Köpfe, worauf die Kreuz-Arme gesteckt werden konnten. Ein Paar solche Schrauben stand vorn, und eins hinten auf den mit einander verbundenen Schiffen. Jedes Paar trug auf den Schraubenmotttern einen hölzernen Sattel, woran die Zug-Ketten befestigt waren. Wenn der Sattel aber bis ans obere Ende der Schrauben gehoben war, während der Stamm noch zum Theil in der Kette steckte, oder wenigstens noch nicht die gehörige Höhe hatte, so legte man zu beiden Seiten der Kette, und möglichst nahe, zwei starke Unterlagen, steckte einen Bolzen durch das nächste Kettenglied, und drehte die Schrauben so, dass der Bolzen von den Unterlagen gehörig gestützt wurde. Dann konnte man die Kette von dem Sattel lösen, und nach Belieben die Schrauben ganz zurückgedreht und die Motttern wieder in den tiefsten Stand gebracht waren, die Kette von Neuem an einer tieferen Stelle befestigen, und die Hebung des Stammes weiter fortsetzen. Dieser Apparat zeigte sich sehr wirksam. Die Einrichtungskosten waren aber freilich auch viel bedeutender, als sie sonst zu sein pflegen.

Eine noch vollständigere Einrichtung zum Ausholen von Ströme befindlichen Baumstämme, und zwar derjenigen, die vom Wasser bedeckt sind und mit ihren Wurzeln im Grunde liegen (Snags, §. 56) ist auf den Nord-Amerikanischen im Gebrauche.* Die dabei benutzten Fahrzeuge heissen *snags-boats*. Sie bestehen aus zwei mit einander fest verbundenen Booten. Der Zwischenraum zwischen beiden ist nur ein

*) *Stevenson sketch of the civil Engineering of North America*. London 1838. Seite 110.

geöffnet. Eine auf das gemeinschaftliche Deck gestellte Dampfmaschine treibt theils ein Paar Ruderräder, um die Stämme mit Leichtigkeit nach jedem Stamme zu bringen, den man heben will, theils auch eine kräftige Windevorrichtung, die in der Mitte des Deckes sich befindet. Um einen Stamm zu heben, legt man die Schiffe oberhalb desselben vor Anker und setzt die Ruderräder in Verbindung mit der Maschine. Man lässt das Ankerseil langsam auslaufen und giert zugleich mit Hülfe beider Schiffe so weit, bis die Winde sich genau über dem Stamme befindet. Letzterer wird nun mit der Zange gefasst, die am Ende der Ankerkette befestigt ist, und hierauf setzt man die Windevorrichtung mit der Dampfmaschine in Verbindung. Auf diese Art wird der Stamm gehoben, und sobald er theilweise über dem Deck sich befindet, gleich in kleine Stücke zersägt, die man wieder in Strom wirft und fortreiben lässt.

Bei der geringen Fahrtiefe unserer Ströme, darf man nicht erwarten, die einzelnen Stücke der ausgehobnen Stämme schwimmen zu lassen, da sie der Schifffahrt auf's Neue gefährlich werden könnten; auch ist das Holz bei uns nicht so werthlos, dass solches Verfahren sich rechtfertigen würde. Die Mühe desselben ist, nachdem die Stämme vollständig gelöst sind, in den meisten Fällen auch nicht von Bedeutung.

Mittels der beschriebnen Winde- oder Schraubenvorrichtung wird der Stamm gemeinhin nicht ganz aus dem Wasser gehoben, was bei der geringen Bordhöhe der gewöhnlichen Flussboote auch nicht leicht wäre: er wird also nur aus dem Grunde gehoben und schwebt über demselben, so dass er ungefähr eben so tief eintaucht als die Schiffe. Letztere führt man alsdann an eine Stelle von geringer Wassertiefe neben dem Ufer. Der Stamm wird hier auf den Grund niedergelassen und gemeinhin ist einer auf dem Ufer aufgestellten Erdwinde vollends auf Land gezogen. In Ermangelung einer Erdwinde kann auch die Hebelvorrichtung benutzen, die Fig. 215 dargestellt ist, welche in Steinbrüchen häufig Anwendung findet. An einen Astamm oder fest eingegrabnen Pfahl wird ein starker Hebel, nach Umständen 20 bis 30 Fuss lang ist, mittelst einer Kette befestigt. Derselbe ist auf jeder Seite der Kette, etwa im Abstände von 2 Fuss, mit einem eisernen Haken versehen, auf wel-

ehen man abwechselnd die passenden Glieder der Zugkette legt. Am Ende des längern Hebelarmes steht die Mannschafft, welche sowohl beim Hin- als Rückgange den Hebel zwischen den Punkten *A* und *B* schiebt oder zieht. Die Figur stellt die richtung in dem Momente vor, dass der Hebel eben von *A* bewegt ist, und die Zugkette muss jetzt auf den Kolben gelegt werden, damit die Mannschafft beim Rückgange von *B* den Stamm aufs Neue weiter ziehen kann. Bei Anwendung dieses Apparats freilich nicht anwendbar sein, wenn der Stamm alsdann in der Zwischenzeit, oder während der Bewegung der Kette nicht gehörig gehalten würde, und zurückrollen würde; man hat indessen fast jedesmal Gelegenheit, eine passende Stelle in der Nähe zum Anziehen des Holzes auszusuchen; man muss selbst bei Benutzung der Erdwinde die Vorsicht walten lassen, dass man es vermeidet, den Stamm stellenweise vertikal zu heben. Das Aufziehen wird in vielen Fällen erleichtert, wenn man ein Paar Lagerhölzer als Bahnen aufstreckt, über welche der Stamm fortgezogen wird;

Einzelne Steine im Fahrwasser werden nahe in der Art, wie Baumstämme gehoben. Ein Unterschied zwischen den beiden Verfahrensarten beruht nur darauf, dass die geringe Ausdehnung des Steines das Durchziehen der Kette erschwert, und in den meisten Fällen ganz unmöglich ist; die unregelmässige Form bietet dagegen häufig Gelegenheit, die Kette seitwärts umzuschlingen, und den Stein zu fassen. Beim weitem Verfolg der Arbeit bietet auch das Anziehen der Steine auf das Ufer gemeinhin viel grössere Schwierigkeiten, als das Aufschleppen der Baumstämme, man bedarf daher häufig, die Steine nur aus dem Fahrwasser, nicht dem Flussbette zu bringen. Man hebt sie so hoch, dass sie tiefer, als die Schiffe eintauchen: sie bleiben unter Wasser folglich leichter zu halten, als wenn sie ganz herausgerissen wären. Die Schiffe werden hierauf an irgend eine Stelle des Stromes geleitet, die entweder überflüssige Tiefe hat, oder die so weit liegt, dass eine zufällige Verlegung des Fahrwassers nicht besorgt werden darf. Hier lässt man die Steine in den Kolken vor den Bahnenköpfen finden sie besonders passende Stelle, weil sie daselbst zugleich zur Sicherung

dienen: häufig bringt man sie in die Intervalle zwischen ihnen, man zieht sie aber nur in dem Falle auf das Ufer, wenn das Steinmaterial bedeutenden Werth hat.

In manchen Fällen gelingt es auch, die Steine aus dem Fahrwasser zu schaffen, ohne dass man sie heben darf. Dieses geschieht, wenn man unmittelbar daneben durch Baggern tiefe Löcher in welche die Steine von selbst herabsinken. Wie leicht und bequem dieses Mittel indessen auch zu sein scheint, so ist es doch häufig gar nicht, oder nur sehr unvollständig zweckvoll. Die Löcher werden nämlich, bevor sie die gewünschte Tiefe haben, vom Strome wieder zugeworfen, oder der Stein selbst, sobald er zu sinken anfängt, und senkt sich so wenig, dass man die ganze Operation wiederholentlich von neuem anfangen muss.

Bei den Steinen, die man beseitigen will, von kleineren Dimensionen, also nur etwa einen Cubikfuss gross, so macht das Heben derselben weniger Mühe, und man sammelt sie daher einen nach dem andern in den Fahrzeugen, welche den Apparat tragen, und bringt sie später in grösserer Menge auf einmal an das Ufer. Wenn man, wie gewöhnlich, die Steine aus dem Grunde heben will, oder auch nur aus dem Fahrwasser bringen will, so müssen sie vorher auf irgend eine Weise gefasst werden. Bei kleinem Wasserstande, wenn die Arbeiter bis zur Sohle des Flussbettes herabkommen können, glückt es jedesmal nach einigen Versuchen, die Zugkette am Steine zu befestigen. Dabei muss man wieder den Sand oder Kies ringsumher mittelst Handspaten etwas zu beseitigen, damit man die Kette unterhalb des horizontalen Durchschnitts des Steines umschlagen kann. Man muss beim Aufräumen des Grundes aber vorsichtig sein, damit der Stein bei seiner verhältnissmässig geringen Länge in dem grossen specifischen Gewichte sogleich tiefer einsinkt, und die Sandmasse darunter nicht mehr die erforderliche Ausdehnung erhält. Die Arbeit wird aber immer um so mühsamer, je tiefer der Stein unter Wasser liegt. Die Zugkette ist gewöhnlich mit einem Ringe versehen. Durch diesen zieht man die Kette hindurch und bildet auf solche Art eine Schlinge, die man um den Stein herumwirft, und alsdann möglichst scharf zusammenzieht. Wenn man nunmehr die Kette mittelst der Windevor-

richtung hebt, so kann man wohl den Stein etwas bewegen, meinthin auch kanten, aber nachdem dieses geschehen ist, die Kette sich zu lösen, und unter dem Steine sich hindurch ziehen, so dass der Stein aufs Neue gefasst werden muss. theilhafter ist es, die erwähnte Schlinge dem Ringe oder der Kette gegenüber noch zum zweiten Male zu fassen. Das geschieht am leichtesten, wenn man eine zweite jedoch nur Kette benutzt, die an jedem Ende mit einem Haken versehen ist. Der obere Haken dient zum Anstecken an die Zugkette, der unteren dagegen muss die um den Stein gelegte Schlinge angeschlossen werden, nachdem sie schon scharf angezogen, und zum Grunde eingesunken ist. Diese Arbeit wird sehr erleichtert, wenn der letzte Haken etwa 1 Fuss lang, oder nach Umständen auch noch länger ist. Wenn er aus zähem Eisen besteht, kann er sich etwas biegen, und ungefähr die Form annehmen, die dem Zuge entspricht, ohne zu brechen. Hakt man das Ende der zweiten Kette in die Hauptkette, so ist der Stein zeitig auf zwei entgegengesetzten Seiten gefasst und vollständig unterstützt. Sobald er etwas gelüftet ist, tritt wieder die Gefahr ein, dass er noch kanten und herabfallen könnte, weil er nicht leicht so gefasst wird, dass sein Schwerpunkt zwischen beiden Ketten liegt. Man kann indessen durch Ziehen einiger Bootshaken oder durch Herabdrücken der leichteren Enden des Steines das Gleichgewicht so lange erhalten, bis man durch andere Ketten oder Tau, die sich später leicht hindurchziehen lassen, den Stein ganz sicher unterstützt hat. Wenn man statt zwei der beschriebenen Hülfsketten an die Schlinge und an den Ring befestigt, so kann man sehr sicher erwarten, dass der Schwerpunkt zwischen den drei Unterstützungspunkten der Schlinge liegt, und diese wird dadurch auch so vollständig gespannt, dass sie nicht leicht abgleiten kann. Diese Methode ist wegen der Sicherheit, und ausserdem auch insofern besonders zu empfehlen, als man auf die Erhaltung des Gleichgewichts und auf das Abfangen des Steines keine weitere Mühe verwenden muss.

Man kann die erwähnten Hülfsketten auch gleich mit der Hauptzugkette schmieden lassen, und man braucht sich dabei auf zwei derselben zu beschränken, sondern man kann den Apparat nehmen, wodurch der Apparat sowohl für grössere als für

brauchbar wird. Sollte es hierbei vorkommen, dass die Hilfskette gar nicht gebraucht und zum Theil sogar durch Ring hindurchgezogen wird, der die Schlinge bildet; so ist ohne Nachtheil und stört keineswegs die Wirksamkeit der Ketten. Hierbei wird das mühsame Einhaken der Hilfskette in die Schlinge entbehrlich, man braucht sie nur, nachdem die Schlinge scharf zugezogen ist, an der passenden Stelle der Kette zu befestigen. Dabei wird noch der grosse Vortheil erreicht, dass die Arbeiter nicht im Wasser stehen dürfen und alle Verrichtungen von dem Schiffe oder der Rüstung aus vornehmen können. Die Benutzungs-Art einer solchen Kette ist diese. Der Ring wird zuerst durch Baggern rings umher so weit frei gelegt, die Schlinge unter den grössten horizontalen Querschnitt des Steins, sich also nicht mehr über den Stein ziehn kann. Alsdann bildet man die Schlinge, indem die Hauptkette mit den Hilfsketten durch den Ring gezogen wird. Man legt sie darauf auf den Stein, und zwar geschieht dieses, indem sie an allen Enden Ketten gehalten und herabgelassen wird. Nachdem man schon vorher mit der Spitze eines Boots-Hakens dasjenige Ringglied, welches in den Ring greift, gefasst hatte, zieht man die Hauptkette an und drückt den Boots-Haken herab. Hierdurch wird ein starker Schluss der Schlinge bewirkt. Die Hilfsketten, mit die nicht durch den Ring gedrungen sind, werden nun in die Zugkette eingehakt, so dass sie sämmtlich ungefähr die Spannung der Hauptkette haben. Wenn man alsdann die Winde- richtung in Bewegung setzt, so ist ein Ausweichen oder Herab- ziehen des Steines nach einer Seite nicht leicht möglich. Das kann in der That nur noch in dem Falle misslingen, wenn die Schlinge nicht tief genug angelegt worden ist und sich über den Stein zieht. Fig. 216 zeigt die Verbindung der Ketten mit dem Bootshaken, der zum Festziehen der Schlinge gedient hat.

Diese Verbindung der Ketten ist dem Steinkorbe einiger- massen ähnlich. Letzterer verdient wegen seiner grossen Bequem- lichkeit und Sicherheit beim Heben von Bruchsteinen eine ausführ- liche Beschreibung, und dieses um so mehr, da er wenig bekannt

Sein eigentlicher Zweck ist freilich nicht sowohl das Fassen von Steinen unter Wasser, als solcher, die in Schiffen verladen sind, oder sich bereits am Ufer befinden. Nichts desto weniger

kann er ohne Zweifel auch unter Wasser sehr vortheilhaft angewendet werden. Beim Gebrauch über Wasser zeichnet er aber unter allen sonstigen Apparaten durch grosse Bequemlichkeit und vollkommene Sicherheit aus. Namentlich beim Ausladen von Bruchsteine aus Schiffen ist er unübertrefflich, da er im beschränkten Raume und bei jeder Form der Steine, sich immer umschlagen lässt, und diese in ihm so sicher liegen, dass Herabfallen, was höchst gefährlich wäre, bei der geringsten Aufmerksamkeit unmöglich wird.

Der Steinkorb besteht aus der Fig. 217 a dargestellten Verbindung von Ketten. In das mittlere Quadrat ist ein Kreuz gesetzt, damit auch kleinere Steine nicht hindurchfallen können. Will man einen Stein heben, so zieht man zwei neben einander befindliche Ketten des Korbes um den Stein herum, und wenn dieses geschehn, steckt man die beiden grössern Ringe, die an ihren Enden befinden, auf den Haken des Hebezeuges. Fig. 217 b zeigt. Hierbei ist allerdings Aufmerksamkeit und Ueberlegung erforderlich, weil diese Ketten über den Stein gehn können, und derselbe alsdann nicht in den Korb rollen kann. Die erwähnten Ketten müssen, wenn man sie nicht unter den Steinen hindurch ziehen kann, sich doch gegen vortretende Kanten oder Buckel lehnen, damit sie beim Anzieln des Flaschenzugs den Stein heben, so dass er kantet und in die Mitte des Korbes fällt. Dieses gelingt aber jedesmal, wenn die Arbeiter nur Uebung haben, und zwar geschieht es so sicher, dass gar keine vergebliche Versuche gemacht werden dürfen. Nachdem die Ketten eingehakt sind, breitet man den eigentlichen Korb oder den mittleren Theil der Kettenverbindung gehörig aus, wie die Figur zeigt, und steckt zugleich die Ringe an den Enden der beiden letzten Ketten auf denselben Haken des Hebezeuges, einen zweiten, der jedoch gleichmässig mit dem ersten verbunden werden muss. Die beiden letzten Ketten, die in der Figur schlaff herabhängen, zieht der Arbeiter so weit zurück, dass der Korb ganz ausgebreitet auf dem Boden liegen bleibt. Sobald das Hebezeug in Bewegung gesetzt wird, spannen sich die beiden Ketten immer mehr, und heben den Stein an der einen Seite. Die nächste Verbindungskette des mittlern Theiles, die eine Seite des Quadrates wird dabei aber gleichfalls

gen, und verhindert ein Zurückweichen des Steins. Letzter kann also keine andere Bewegung machen, als dass er sich dieser Verbindungskette wie um eine feste Axe dreht, und er rollt oder kantet er rückwärts in den eigentlichen Korb.

Die beiden andern Ketten werden, sobald dieses geschieht, durchsichtig angezogen und verhindern sonach ein zu weites Vorrücken. Der Stein legt sich in Folge der gleichen Länge der Ketten in die Mitte des Korbes und ist nunmehr vollständig fixirt, wie Fig. 217 c zeigt. Ich habe auf diese Art mehrere Schachtelsteine heben lassen, deren jeder die Grösse bis 20 Cubikfuss hatte, und niemals ist einer derselben zerfallen, auch erfolgte das Umlegen des Korbes so schnell, als immer in derselben Zeit geschehn war, in welcher der Block des Flaschenzuges herabgezogen wurde. Die kleinen wurden dabei aber nicht einzeln gefasst, sondern man fasst die Ketten in der Art um sie, dass gleichzeitig zwei bis drei in den Korb fielen.

Will man mit diesem Apparate Steine heben, die unter Wasser und zum Theil im Grunde stecken, so muss man zuerst den Korb rings umher so weit beseitigen, dass der grösste horizontale Querschnitt des Steines blossgelegt ist. Man zieht alsdann zwei Ketten des Korbes um den Stein und verfährt auf die Weise, wie eben beschrieben. Hierbei ist indessen die Vorsicht weit grösser, dass die Ketten über den Stein schlüpfen, ohne ihn in den Korb zu werfen, da man einerseits die vortretenden Ecken nicht so genau bemerken und die Ketten nicht so fest anlehnen kann, wie an Steinen, die grösstentheils sichtbar und fest liegen; andererseits ziehn sich aber auch die Ketten um so leichter seitwärts fort, je länger sie sind, und es ist daher der bequemern Arbeit sehr vortheilhaft, in diesem Falle den Korb mit längern Ketten zu versehen. Der letzte Uebelstand lässt sich indessen dadurch leicht beseitigen, dass man über jene ersten Ketten einen grossen Ring zieht, und denselben sehr tief herabschiebt, wodurch die langen Ketten verhindert werden, sich so weit auseinander zu ziehn, dass der Stein zwischen hindurchfallen könnte. Es ist mir nicht bekannt, dass man diesen Korb zum Fassen der Steine unter Wasser schon benutzt, nichts desto weniger vermute ich, dass er bei Anwendung

der letzterwähnten Vorsichtsmaassregel auch zu diesem Zweck sehr brauchbar, und sogar bequemer als die früher angegebene Kettenverbindung sein dürfte.

Kleinere Steine, besonders wenn sie auf sandigen Böden liegen, lassen sich leicht mit dem gabelförmigen Haken fassen und aus dem Wasser heben. Dieser Haken hat zwei oder drei Zinken, und zwar befinden sich dieselben in einer Linie, welche der Stiel unter einem Winkel von etwa 70 Graden mit demselben bildet. Der Arbeiter legt das Ende des Stieles auf die Schulter und bemüht sich, durch starkes Herabdrücken die Zinken unter den Stein zu bringen. Sobald dieses gelungen ist, richtet er den Stiel wieder recht und hebt den Stein, der auf den Zinken ruht, aus dem Wasser. Die Anwendung dieses Instrumentes lässt sich auch dadurch erleichtern, dass man an das untere Ende des Stieles ein Tau bindet, das ein zweiter Arbeiter, während der Stein gehoben wird, sehr schräge anzieht. Auch das Heben kann hierdurch etwas erleichtert werden.

Zum Fassen der grössern Steine unter Wasser und zum Heben derselben dient vorzugsweise die Steinzange; dieselbe ist an jedem Arme mit mehreren Zinken versehen, nennt man sie die Teufelsklaue. In derselben Art, wie die Zinken des eben beschriebenen Hakens von einer Seite unter den Stein geschoben werden, dringen die Arme der Steinzange von beiden Seiten gleichzeitig ein, und wenn sie den Stein auch nicht vollständig umschliessen, so greifen sie wenigstens seitwärts die untere Hälfte desselben, so dass sie ihn hinreichend stützen. Beide Arme sind durch ein Charnier verbunden und sonach eine Zange, welche, wenn sie scharf geschlossen ist, auch den Stein gehörig festhält. Bevor man indessen die Zange einsetzt, muss man, soviel wie möglich, den Stein durch das Wasser frei legen, um ihn theils recht tief fassen zu können, theils auch um den Widerstand zu vermindern, den er seitwärts dem Sande oder Kies erfährt.

Die Steinzange hat immer zwei Arme. Man hat zwar vorgeschlagen, ihr deren mehrere zu geben, damit sie desto um so sicherer halten kann, sie wird aber dadurch viel complicirter und ihr Gebrauch weniger bequem. Beide Arme oder wenigstens einer derselben muss mit einem langen Stiele versehen sein.

92. Beseitigen der Baumstämme u. dgl. 299

Über Wasser reicht, damit man die Zange gehörig an den Stein setzen kann. Die Art, wie die Zange geschlossen wird, ist sehr verschieden, und hiervon hängt vorzugsweise ihre Wirksamkeit ab. Fig. 219 a zeigt eine Steinzange, welche durch eine äussere Kette geschlossen wird. Beide Arme sind mit hölzernen Stielen versehen, die über Wasser reichen. Sie dienen zum Oeffnen und Schliessen der Zange, so wie auch zum Ansetzen desselben zum zu hebenden Stein. Im Charnier kreuzen sich beide Arme, wo sie hier zu breiten Platten ausgeschmiedet neben einander ausgegreifen. Ein starker Bügel umfasst beide, und ein durchgehender Bolzen, der durch ein Splint gesichert ist, verbindet die Arme mit dem Bügel. Am letztern ist die Kette befestigt, an die Zange hängt, und womit sie zugleich mit dem Steine gezogen wird. Die untern Theile der Arme, welche den Stein fassen, sind gabelförmig gespalten, wie Fig. 219 b zeigt, und sind gewöhnlich an der einen Seite zwei, an der andern drei Zehen, die in einander greifen. An den obern Enden der hölzernen Stiele sind die beiden Blöcke eines Flaschenzuges befestigt, zum sichern Schliessen der Zange dient, wenn der Stein fest ist und gehoben werden soll.

Der Gebrauch dieser Zange ist, soweit ihr Gewicht es zulässt, sehr gerade und bequem, nichts desto weniger verdienen andre Einrichtungen dennoch den Vorzug, indem dabei die Steine sicherer gehoben werden. Gemeinhin wird diese Zange in so grossen Dimensionen ausgeführt, dass sie in dem aus Schmiedeeisen bestehenden Theile schon 10 bis 15 Centner wiegt. Hierzu kommt das Gewicht der Stiele, die in diesem Falle 6 bis 8 Zoll Durchmesser sein müssen, weil sie sonst beim Schliessen der Zange zerbrechen würden. Der Apparat wird dadurch so schwer, dass man nicht mehr mit Leichtigkeit gebrauchen kann, und namentlich das Gefühl, welches bei Anwendung kleinerer Zangen das richtige Greifen sehr sicher beurtheilen lässt, ganz verschwindet. Dieses ist der Grund, weshalb die grossen Zangen schwer anzusetzen sind; und erst nach vielfachen Versuchen einen Stein wirklich fassen und heben. Hierzu kommt noch der andre Uebelstand, dass sie durch ihr eignes Gewicht jedesmal die zu hebende Last bedeutend vergrössern und zwar gemeinhin so stark, dass diese Last als verdoppelt wird, denn nicht leicht wird man mit solcher

Zange einen Stein heben, der so schwer, als sie selbst, ist. Hiernach ist wieder die Anwendung eines sehr kräftigen Hebzeugs erforderlich, und die Aufstellung desselben wird besond. schwierig, wenn man, wie oft geschieht, nur ein Fahrzeug benutzt, das also mit einem übergreifenden Krahn versehen und stark an Ballast beschwert sein muss, weil es sich sonst zu weit überneigen würde, sobald der Stein gehoben wird.

Gewöhnlich giebt man den Steinzangen eine solche Einrichtung, dass sie sich beim Heben von selbst schliessen, indem das Tau oder die Kette, woran sie hängen, schon den Schluss bewirkt. Hieraus entspringt der Vortheil, dass der Flaschenzug am andern Ende der beiden Arme entbehrt werden kann, und überdies die Kraft, womit die Zange geschlossen gehalten wird, vom Gewicht des gefassten Steines abhängt. Dagegen entspringt hieraus der Nachtheil, dass schon die Zange die Tendenz hat, sich von selbst zu schliessen, und dadurch namentlich bei schweren Zangen das Einsetzen an den Stein sehr mühsam, und häufig nur dadurch möglich wird, dass man zwei verschiedene Hebezeuge einmündet, von denen das eine während des Herablassens und Einnehmens und das andre während des Hebens benutzt wird.

Die eben erwähnte grosse Teufelsklaue wird häufig und leicht in den meisten Fällen *) in der Art aufgehängt, wie Fig. 220 zeigt. Die beiden Ketten, welche vom untern Blocke des Flaschenzuges nach beiden Armen schräge herabgehen, üben auf letztern einen starken Seitendruck aus und schliessen dadurch die Zange. Wenn dieses daher allein auf solche Art unterstützt ist, so kann sie nur mit grosser Mühe geöffnet werden, sobald sie den Stein fassen soll, und zwar geschieht dieses, indem die beiden Steine mittelst der daran befestigten Töne herabgezogen werden. Dabei tritt indessen noch ein andrer Uebelstand ein, der das Einsetzen ausserordentlich erschwert: die Axe, in welcher beide Arme verbunden sind, hebt sich, sobald man die Zange öffnet, und senkt sich, sobald man sie schliesst. Will man sonach die Zange zum Eingriff bringen, so darf man nicht allein die Arme bewegen, sondern gleichzeitig, und zwar dieser Bewegung ganz entsprechende

*) Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst von Gilly und Eylerwein. Heft I. Seite 61.

nach das Hebezeug in Wirksamkeit gesetzt werden. Dieses ist sehr schwierig und wegen der doppelten Bemannung, die erforderlich wäre, zugleich so kostbar, dass man es vorzieht, einem zweiten Hebezeuge den oben erwähnten Bügel am Ende der Zange zu fassen, und das in jenem Flaschenzuge erwähnte Tau während des Einsetzens der Zange schlaff bleiben.

Es entsteht hierbei aber die Frage, ob die in Fig. 220 dargestellte Anordnung dem beabsichtigten Zwecke vollständig entspricht und die Zange wirklich mit der erforderlichen Kraft gezogen wird. Die Kraft, mit welcher die beiden unteren Enden der Arme *A* (Fig. 221) einander genähert werden, bedingt die Zug gegen den Stein, und sonach die Sicherheit, womit der Stein gefasst wird. Diese Kraft verhält sich zu der ähnlichen, welche von den Ketten ausgeübten Kraft zwischen *B* und *B*, *FC* zu *CG*. Dieses Verhältniss ist nicht nur von der Länge der Hebelarme, sondern auch von der Krümmung derselben abhängig und bei jeder verschiedenen Oeffnung der Zange verschieden, da der Winkel *FCB* dem Winkel *ACG* nicht gleich ist. Will indessen hierauf nicht weiter Rücksicht nehmen, und nur die Kraft untersuchen, womit die beiden Punkte *B* und *B* durch die Spannung der Kette gegeneinander gedrückt werden.

Bezeichnet *M* das Gewicht der Zange mit Einschluss des Steins und zwar mit Rücksicht auf die Eintauchung desselben in Wasser, also die im Punkt *E* vertikal aufwärts wirkende Kraft, *S* die Spannung jeder Kette, und β den Winkel, welchen die Ketten mit dem Lothe machen (also $BEF = \beta$); so findet man, oder diejenige Kraft, womit die Befestigungs-Punkte der Zange sich zu nähern streben:

$$\frac{1}{2} M = s \cdot \cos \beta$$

$$k = s \cdot \sin \beta$$

$$\text{also } k = \frac{1}{2} M \operatorname{tg} \beta$$

Es wäre sonach vorthellhaft, die Ketten sehr stark vom Lothe abzuweichen zu lassen, so dass sie sich sogar der horizontalen Richtung näherten. Wenn β gleich 63½ Graden wird, oder die Ketten unter einem Winkel von 127 Graden divergiren, so wird k gleich M . Wenn die Richtungen der beiden Ketten aber noch mehr divergiren, so wird k grösser als M und kann sogar

in jedem beliebigen Verhältnisse das Gewicht M übersteigt, der Wirklichkeit lässt sich dieses indessen nicht erreichen, die Ketten so lang sein müssen, dass sie jede erforderliche Bewegung der Zange gestatten. Dazu kommt auch noch, dass die Hebelarme BC gewöhnlich sehr kurz ausfallen, während die Ketten selbst fast immer so lang gewählt werden, dass ihr Verbindungspunkt über Wasser liegt. Sonach bleibt k gewöhnlich kleiner als M , und das Verhältniss stellt sich noch ungünstiger heraus, wenn man die Punkte A untersucht. In den Fällen, welche beim Gebrauche solcher Zangen vorkommen, werden die Zinken derselben nur mit einer Kraft zusammengepresst, welche etwa den vierten Theile des gehobenen Gewichtes ausmacht, woher der Zweck dieser überaus unbequemen Anordnung ganz verfehlt wird.

Man kann indessen leicht die Einrichtung treffen, die beiden obern Enden der Arme mit einer Kraft zusammengepresst werden, welche dem Gewichte der Zange und des Steines entspricht. Es ist dabei nur nöthig, das Zugtau, woran das Hebezeug wirkt, durch einen Ring oder über eine Scheibe an einem Arme zu führen und es am andern Arme zu befestigen. Fig. 222 zeigt diejenige Anordnung, welche beim Ausheben im Bette der Donau ausgesprengten Steine benutzt wurde. Diese Figur bedarf keiner weitem Erklärung. Es ist dabei nur zu merken, dass das Hebezeug auf einer Rüstung stand, die auf zwei mit einander verbundenen Schiffen getragen wurde. Wenn der Stein gehoben, so schob man starke Bohlen von einem zum andern, auf welche man den Stein niedertliess. Man hob ihn alsdann zur Seite, um noch andre Steine zu heben, und man sie zusammen ans Ufer fuhr.

In ähnlicher Weise ist die Zange Fig. 223 zusammengefasst, die ich vielfach benutzt und überaus bequem gefunden habe. Gewöhnlich wurde sie freilich nur zum Aus- und Einsetzen von Steinen, also nicht zum Heben unter Wasser benutzt; nichts desto weniger zeigte sie sich auch hierbei, wenn die Wassertiefe nur einige Fuss betrug, sehr brauchbar.

*) Nachrichten von den 1778 bis 1781 in dem Strudel vorgenommenen Arbeiten. Wien 1781. Seite 25.

rm ist im obern Ende gespalten, und eine eiserne Scheibe tat, um welche das Tau läuft. Die Zange war aus schwachen Eisen geschmiedet, etwas über drei Fuss lang und wog nur and, so dass ein einzelner Mann sie bequem handhaben nstellen konnte. Sie hob Steine von 1 bis 2 Cubikfuss ichter. Der eine Arm hatte zwei etwa 3 Zoll von einander nde Zinken, der andre endete nur in eine Spitze. Sie immer mit grosser Sicherheit die Steine, und liess sie selbst icht fallen, wenn sie nur von zwei Spitzen berührt wurden, ie es häufig geschah, sich um diese drehen. Es giebt ein bequemerer Mittel, aus einem Haufen Steine von der en Grösse, einen nach dem andern aufzuheben, als wenn en leichten dreieckigen Bock darüber stellt, um den Fla- g daran zu befestigen, und mit solcher Zange jeden be- Stein fasst.

ie letzterwähnte Einrichtung zeigt im Gebrauche den Uebel- dass die Zange beim Anziehen des Hebezeuges ihre Rich- egen das Loth verändert, indem sie nicht symmetrisch un- t ist. Die Arbeiter, welche sie versetzen, gewöhnen sich bald daran, sie gleich schräge und in derjenigen Richtung ellen, welche sie annimmt, sobald der Stein gehoben ist. usheben von Steinen unter Wasser ist diese Vorsicht in- nicht anwendbar, da man die Grösse des Steines und so- ie Lage seines Schwerpunktes nicht sicher beurtheilen kann, as tiefere Einstellen des einen Armes oft nicht möglich ist. r in Fig. 224 angegebenen Anordnung, die beim Bau der zu Melun gewählt wurde,*) ist dieser Uebelstand dadurch gt, dass man den Stein nicht allein an dem Zugtau hebt, i ihn ausserdem durch den Stiel des einen Armes der Zange itzt. Ueber den Gebrauch des Apparates ist nur zu er- , dass man die Zange mittelst der Leine *A* öffnet, welche die Oese *B* des ersten Armes gezogen und am Ende des ohnfern *D* befestigt ist. Ein Arbeiter führt den Stiel, est die vordere Seite des zu hebenden Steines, während eiter Arbeiter das erwähnte Tau hält und zugleich das mit der Hand anzieht, um die Zange zu schliessen, so-

bald man sich durch Hin- und Herrücken der letztern davon überzeugt hat, dass sie gehörig eingreift. Das Ende des Zuges ist in der Oese *C* des ersten Armes befestigt, und über die eiserne Scheibe *D* am Ende des zweiten geführt. Von hier geht es nach der Scheibe auf dem Krahnbalken und zuletzt nach der Winde *E*. Diese Winde kann mittelst eingesteckter Hebel gedreht werden, und sobald sie in Wirksamkeit tritt, hebt das Zugs tau nicht nur den Stein, sondern schliesst zugleich die Zange. Der auf dem Fahrzeuge liegende Stiel hindert aber die Zange ihre Richtung plötzlich zu verändern. Die schwerste Zange dieser Art, von 1½ zölligen Eisenstangen geschmiedet, wog 96 Pfund und hob Steine, die 1 Cubikmeter oder 32 Cubikfuss enthielten, also nahe von 50 Centnern. Die Arme dieser Zange waren an den untern Enden in drei Zinken gespalten. Andere Zangen von derselben Einrichtung waren viel kleiner und wurden der Windevorrichtung nur mit der Hand und zwar durch einen Arbeiter eingesetzt und zugleich mit den Steinen gehoben. Die kleinste Zange wog nur 7 Pfund. Alle sollen sich beim Gebrauche ausserordentlich bequem gezeigt haben.

Das in Rede stehende Prinzip, wonach die Zange mit derselben Kraft geschlossen wird, womit die Zugkette gespannt wird, lässt sich aber auch ganz symmetrisch anwenden, wodurch die erwähnte Drehung der Zange, sobald der Stein darin liegt, aufhört. Fig. 225 zeigt eine solche Anordnung und diese dürfte für grosse Steine wohl unter allen die zweckmässigste sein. Die oben erwähnte Durchführung des Taus über eine Rolle in den einen Arm nach dem andern, ist hier auf beiden Seiten gleichmässig angebracht. Wenn man die geringe Neigung der Taus zwischen den Armen der Zange unbeachtet lässt, so würden dieselben an der Stelle, wo die Taus befestigt sind, mit einer Kraft zusammengedrückt werden, welche der Summe der Spannungen beider Tauen gleichkäme. Diese Kraft ist daher unter Beibehaltung der obigen Bezeichnung

$$= \frac{M}{\cos \beta}$$

daher jedenfalls grösser als der Zug, womit die Zange gehoben wird.

Es scheint indessen, dass auch diese Zange nur empfohlen werden kann, wenn sie so leicht ist, dass zwei Arbeiter im Stande sind, sie einzustellen, ohne bei diesem Theile der Arbeit Hebezeuges zu bedürfen. Bei einem Gewichte von etwa bis 200 Pfund würde die Zange schon Steine bis 10 Cubik- und darüber sicher fassen und heben. Man thut indessen, ich glaube, unrecht, die Steinzange bei noch grössern Steinen anzuwenden zu wollen. Wenn es auch nicht in Abrede zu stellen ist, dass auch grössere Steine mit einer schwereren Zange noch gehoben werden können, so sind die Kosten einer solchen so hoch und bei der unnöthigen Vergrösserung der zu hebenden Steine so wie in den wiederholten vergeblichen Versuchen den Stein zu fassen, wird so viel Kraft verloren, dass jedenfalls ein anderes Verfahren den Vorzug verdient, zu dessen Beschreibung ich nunmehr übergehe.

Grosse Steine, die unter Wasser liegen, können in bedeutender Tiefe noch bequem mit dem Hakenkeil gefasst und angehoben werden. Die Anwendung dieses Keiles erfordert freilich einige Vorbereitung, indem ein oder mehrere Löcher in den Stein gebohrt werden müssen, dafür wird aber der Vortheil erreicht, dass die ganze Arbeit einen regelmässigen und sichern Fortgang gewinnt, und jede Kraftverschwendung, so alles Probiren aufhört.

Was das Bohren unter Wasser betrifft, so soll davon im nächsten (§. 93) bei Gelegenheit des Sprengens unter Wasser die Rede sein. Der Hakenkeil besteht nach Fig. 226 auf Taf. LII aus zwei Theilen, einem kürzern, dessen obres Ende mit dem Haken versehen ist, der von der Kette des Hebezeuges gefasst wird, und einem längern, dem Schlusskeile, der bis über das Wasser reicht. Sind beide Theile so neben einander gelegt, dass ihre Enden in eine Ebne fallen, wie Fig. 226 a zeigt, so hat ihr Querschnitt ein Ellipsoid (Fig. 226 c), und zwar muss die grosse Axe desselben etwas grösser, und die kleinere etwas kleiner, als der Durchmesser des Bohrloches sein. Beide Theile werden durch eine schräge Schnitt-Ebene von einander getrennt, welche ihnen die keilförmige Gestalt giebt.

Will man mit diesem Apparat den Stein fassen, so schiebt man den längern Theil, oder den Schlusskeil zurück, wie Fig. 226 b zeigt, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

226 b zeigt, und befestigt ihn mit einem scharf umgewinkelten Faden oder Draht an den Haken; man kann aber auch ausserdem an eine stärkere Leine binden, damit er nicht verloren wird, falls jene leichte Verbindung sich zu lösen sollte. Man schiebt hierauf beide Theile in das Bohrloch nur so weit, dass selbst der Haken noch nicht den Boden des Bohrloches berührt. Das untere Ende des Schlusskeiles dringt ebenfalls in das Bohrloch, indem bei dieser Stellung der Keile einander ihre gemeinschaftliche Breite noch kleiner bleibt, als der Durchmesser des Bohrloches. Hierauf treibt man den Schlusskeil, dessen Kopf bis über den Wasserspiegel vorragt, mit dem schweren Hammer nach. Die oben erwähnte leichte Verbindung beider Theile löst sich dabei, und der Haken wird so festgeklemmt, dass er durch den stärksten Zug nicht herausgerissen werden kann, so lange dieser gegenseitige Druck besteht. Der Haken, in welchen die Kette des Hebezeuges eingreift, bleibt ziemlich nahe über der Oberfläche des Steines bleiben, und nicht etwa abbricht, falls der Stein, dessen Form und Lage man nicht genau kennt, beim Heben eine andre Lage annehmen sollte. Man befestigt aber den Haken bevor er in das Bohrloch wird, an die Zugkette. Der Schlusskeil hat oben eine Nutfläche, mit man ihn, falls er sehr schwer wäre, bequem herabziehen kann, wenn es nöthig sein sollte, auch festbinden kann. Es wird erwähnt werden, dass man bei grössern Steinen zwei, oder drei Hakenkeile einsetzt, deren jeder durch eine besondere Kette gefasst wird: im letzten Falle behält der Stein ganz seine frühere Lage, wenn nur sein Schwerpunkt innerhalb der Unterstützungs-Punkte liegt. Will man endlich, nach dem Stein gehoben ist, die Keile lösen, so genügen dann einige Hammerschläge auf den Haken, der eben aus diesem Grunde nicht auf dem Boden des Bohrloches aufstehen darf, sonst nicht weiter herabgetrieben werden könnte.

Der Hakenkeil ist, wie es scheint, zuerst von Thunberg beim Bau des Hafens Carlsrona angewendet worden, *) wie man aus dem Namen dessen die damit gehobnen Steine gewesen, in welcher

*) *Essays de bâtir sous l'eau. faits à la construction d'un nouveau bassin à Carlsrona, par Fellers.* Stockholm 1776.

und welche Dimensionen die Keile hatten, ergibt sich aus der Beschreibung dieses Baues: es wird nur mitgeteilt, dass die Bohrlöcher 9 Zoll tief waren. Man hat seit jener ersten Anordnung vielfach und mit sehr günstigem Erfolge, besonders ist dieses bei Beseitigung des Steinriffs vor Gründung der Dämme im Memeler Hafen geschehen. Der Bau-Inspcctor Veit, der diese Arbeit leitete, hat das dabei beobachtete Verfahren ausführlich und unter Beifügung mancher interessanten Bemerkungen *) beschrieben, woraus ich das Folgende entnehme.

Die fortzuschaffenden Steine bestanden in grossen Granitsteinen, welche von den in der Dämme einlaufenden Schiffen im Verlaufe der Fahrt gefahren werden mussten, und wiederholentlich zu bedeutenden Veranlassungen gegeben hatten. Sie lagen in ihrer Tiefe etwa 9 Fuss unter Wasser. Ihre Grösse war so bedeutend, dass man davon Abstand, sie im Ganzen zu heben, wohl eher vorher gesprengt wurden. Nachdem dieses geschehen war, versuchte man zunächst die einzelnen Stücke mit einer Taueisenkette herauszubringen, die im Eisen etwa 14 Centner wog. Dieser Versuch missglückte indessen aus mehreren Gründen: die Kette öffnete sich nur 6½ Fuss weit, und umspannte daher die Steine gar nicht. Diese liessen sich auch nicht von einander weit entfernen, dass man den einen Arm der Zange in die zwischen den Steinen gebildete Trennungsfuge hätten einbringen können. Selbst die kleinern Stücke, die man fassen konnte, wurden mit der Zange nicht gehoben, da sie zu tief im Sande steckten. Man versuchte zwar den Sand durch Baggern zu beseitigen, doch gelang indessen fortwährend sehr schnell hinzu, so dass die Steine sich nicht gehörig frei legen liessen. Aus diesen Gründen wurde ein andres Verfahren gewählt werden, und man entschloss sich, den Hakenkeil anzuwenden, was auch vollkommen glückte. Das Sprengen dieser Steine war schon früher und zwar während des Winters begonnen, da man gehofft hatte, dass auf der Eisdocke die Arbeit besonders leicht auszuführen sein würde, man dabei aber so viele Schwierigkeiten und Unterbrechungen infolge der Witterungs-Verhältnisse ein, dass man es bald

bende Stein auf untergehobnem Prahme herabge-
konnte. Diese Bedingungen wurden durch einen
beinigen Bock erfüllt. Derselbe bestand aus drei
von 70 Fuss Länge und 18 Zoll Stärke am Star-
Aufrichten des Bockes konnte auf der Baustelle e-
folgen, wohl aber boten die in der Dange liege-
Seeschiffe die dazu erforderlichen festen und hohen
Der Bock wurde also in der Dange aufgestellt,
obern Enden desselben durch Tauc vollständig vo-
Wassertiefe betrug hier etwa 12 Fuss und die drei
ren im Wasserspiegel 43 Fuss von einander entfer-
pelte nun drei grosse Prahme von 33 Fuss Länge
Breite so zusammen, dass sie unter den Bock ge-
konnten, und die drei Beine desselben heinahe bei
zwei von diesen Prahmen wurde eine lange cylin-
gelegt, woran zwei Beine des Bockes zugleich auf-
den, und für das dritte diente eine zweite kürzere
dritten Prahme. Durch angeknebelte grosse Hebel
Walzen in Bewegung und hob den ganzen Bock, 2
2 Fuss über dem Grunde schwebte. Man konnte
leicht über jeden Stein bringen und daselbst nied-
zwar wurde er so aufgestellt, dass das eine Bein n
Stelle des Ufers gerichtet war, wo die Erdwinden

Drei starke Rundhölzer wurden alsdann zu
Wasser an die Beine des Bockes gebunden, und

Sie gaben über Wasser die Form des Steines an, bohrte darin zwei Löcher, zur Aufnahme der Hakenkeile, wählte man die Stellen so aus, dass die Last sich möglichsamässig auf beide vertheilen musste. Die Bohrlöcher soll 10 Linien weit und etwas über 15 Zoll tief. Eben waren die beiden eigentlichen Keile. Die Schnittebene divergirte von der Axe des Bohrloches auf 15 Zoll nahe 9 Linien.

Ehe die Haken eingesetzt wurden, hing man sie in Stroppen, die mit Kauschen versehen waren (§. 36), an und später leicht die untern Blöcke der Flaschenzüge benannte. Sodann band man die Stroppen und die obern Haken an Stäbe fest, um sie sicher in die Bohrlöcher worauf die Schlusskeile besonders eingeschoben und gezogen wurden. Die Hakenkeile wurden aber in der Mitte beider Bohrlöcher eingesetzt, dass die beiden Schlussanker zugekehrt waren. Dadurch wurde der Vortheil erreicht, dass dieselben bei eintretender Seitendrehung des Steines an die Stroppen sich lehnen konnten. Ausserdem ist zu bemerken, dass die Haken nicht den Boden der Bohrlöcher sondern noch zwei Zoll davon entfernt blieben.

Der beiden Flaschenzüge bestand aus einem drei und viertheiligen Blocke. Die hierin eingeschornen Tawe wurden an Fuss-Blöcke (§. 36) gezogen, welche an zwei vom Ufer her an die Beine des Bockes befestigt waren. Von hier liefen die Seile nach dem Ufer und den daselbst stehenden zwei Erdern, deren jede mit acht Mann besetzt war. Bevor jedoch der Stein erfolgte, wurde schon der Laufboden zwischen den drei an den Bock gebundenen Bäumen beseitigt, um sogleich bis zur erforderlichen Höhe aufwinden und die Prahme legen zu können.

Das erste Anziehen der Winden war am mühsamsten. Nachdem der Stein gelöst war, hob er sich viel leichter, doch musste natürlich wieder vergrößert werden, sobald er aus dem Wasser trat. Man hob den Stein etwa 5 Fuss über den Wasserspiegel, hob dann zwei mit einander verbundene Prahme, die auf Rüstung auf untergelegten Rollen trugen, darunter,

und liess den Stein herab. Er wog 16,000 Pfund, oder nahe 100 Cubikfuss.

Dieser erste Stein war einer der kleinsten, die andern hatten viel grössere Dimensionen. Einer derselben, der noch am Ufer der Dange liegt, ist 12 Fuss lang, 9 Fuss breit und 7 Fuss hoch: er wiegt 80,000 Pfund und hält nahe 500 Cubikfuss. An den grössern Steinen wurden indessen theils stärkere Keile mit 3 Zoll 6 Linien Durchmesser, theils aber drei oder vier derselben angewendet. Man bemühte sich indessen immer, die Last möglichst gleichmässig auf sie zu vertheilen. Für jeden Keil wurde ein besondrer Flaschenzug nebst Erdwinde eingerichtet. Die Fuss-Blöcke waren aber immer an den beiden vom Ufer umgekehrten Beinen des Bockes befestigt.

Eiimal ereignete es sich, dass eines der Zugtaue brach, nachdem der Stein schon aus dem Wasser gehoben war. Der Stein drehte sich augenblicklich und in Folge dieser Drehung brachen die andern beiden Haken auch sogleich ab. Die Prallen zum Aufnehmen des Steines waren glücklicher Weise noch nicht untergeschoben.

Die Kosten für das Bohren eines der grössern Bohrlöcher betrugen 4 Thlr., für das Umsetzen des Bockes 6 Thlr., und für das Einsetzen der Keile und Heben des Steines mit Einschliessen des Transportes nie über 20 Thlr., woher selbst die grössten Steine ohne Rücksicht auf die Anlagekosten und Abnutzung des Inventariums nur einen Kosten-Aufwand von etwa 40 Thlr. verursachten.

In dieser Weise wurde auch im Tay-Flusse unterhalb Perth in Schottland ein Stein gefasst, der 40 bis 50 Tons (97,000 bis 99,000 Preussische Pfund) wog, dessen Oberfläche etwa 5 Fuss ober dem niedrigsten Ebbe-Wasser lag. Man hob ihn unter Benutzung der täglichen Fluth, indem man ihn an zwei Lichterfahrzeuge band, die ihn während fünf Fluthen aus dem Grunde zogen.*)

Unter den verschiednen Formen, die man den Keilen geben kann, dürfte die in Fig. 227 dargestellte die passendste sein: es ist in England auch in der That bei andrer Gelegenheit angewandt worden. Die beiden Keile sind nämlich durch eine Schmitt-Keile

*) *Civil engineer and architect's Journal.* Vol. I. Seite

ant, die sich in der ganzen Länge des kürzern oder des längern fortsetzt. Hierdurch wird das Abbrechen des vorstehenden Kopfes des letztern wesentlich verhindert. Derselbe ist aber ausserer Verstärkung nicht mit einem Haken, sondern mit einer Oese versehen, und in diese greift das letzte Glied der Zugkette ein. Dasselbe besteht in einer langen Stange, die gleichfalls mit einer Oese versehen ist, und bis über die Oberfläche des Wassers hinaus reicht. Der Stiel des Schlusskeiles setzt sich aber an dessen äusserer Seite fort, und kann sogar noch zurückgehoben werden, um beim Drehen des Steines nicht mit der Zugkette in Berührung zu kommen.

Das Fahrwasser in Strömen wird zuweilen auch durch gesunkene Schiffe und andre Gegenstände gesperrt. Das Herausbringen derselben ist oft mit bedeutenden Kosten verbunden, und sind die technischen Schwierigkeiten dabei gemeinhin nicht so gross, dass eigenthümliche Mittel zu deren Ueberwindung angewendet werden müssten. Es tritt nämlich hierbei immer die Erleichterung ein, dass die der Schifffahrt hinderlichen Gegenstände dieser Art keinen bedeutenden Wasserstand über sich erheben, und gewöhnlich auch leicht zu fassen sind. Da jedoch Schiffe selbst und deren Ladungen oder auch versunkene Stämme u. dgl. gemeinhin an sich so grossen Werth haben, dass auch ohne Rücksicht auf die Räumung des Fahrwassers gehandelt werden, so kommt es nicht selten vor, dass diese Arbeit in tiefem Wasser vorgenommen wird, wo sie viel schwieriger ist. Dieser Fall ereignet sich aber noch häufiger bei Seen, und um hierauf nicht nochmals zurückkommen zu dürfen, erscheint es angemessen, die Methoden zum Heben derselben hier vollständig zu bezeichnen.

Wenn das gesunkne Schiff mit keinem festen Deck versehen ist, so bemüht man sich zunächst die Ladung herauszuschaffen, um dadurch zu erleichtern. Unter den Rheinschiffen sinken häufigsten diejenigen, welche mit Steinkohlen beladen sind, die Ruhrnachen: seltener geschieht dieses bei denen, welche mit geladenen haben, und am wenigsten kommt das Sinken bei vollen Ladungen vor. Es ist natürlich, dass man im letzteren Falle auch mehr Vorsicht auf die sichere Führung der Schiffe verwendet. Steinkohlen, Bruchsteine und selbst gebrannte Steine

werden mit Handbaggern oder mit dem Fig. 218 dargestellten Haken gefasst und herausgehoben. Bei grossen Steinen und andern gewichtigen Gegenständen kann man die Stein-Zaue nutzen. Die Arbeit wird aber wesentlich erleichtert, wenn der Wasserstand möglichst klein ist, daher pflegt man, sobald der obere Theil der Ladung herausgeschafft, und sonach das Gewicht schon bedeutend vermindert ist, das Schiff zwischen zwei neuen zu heben. Zu diesem Zwecke sucht man unter das vordere und hintere Ende Tauen zu ziehen, was bei der gewöhnlichen Form der Flussschiffe nicht schwer ist. An diesen wird das gesunkene Schiff so weit aufgewunden, dass es noch unter Wasser bleibt, weil es sonst die andern Schiffe zu sehr belasten würde, und die gewöhnliche Windevorrichtung dabei leiden könnte. Nun pflegt das vollständige Herausbringen der Ladung keine Schwierigkeit mehr zu bieten, auch entfernt man die Masten und das, was nicht zum eigentlichen Schiffskörper gehört, wodurch derselbe so erleichtert wird, dass man ihn an ein flaches Ufer führen und behufs der Reparatur auf das dasselbe hinaufziehen kann.

Wenn das Schiff dagegen ein festes Deck hat, die Ladung also unter Wasser nicht herausgeschafft werden kann, und die Vorder- und Hintertheile nicht so weit ausgebaucht sind, dass man sie bequem mit Tauen fassen kann, so wird die Schwierigkeit des Hebens viel grösser, und dieser Fall ist bei Seeschiffen und den grössten Flussschiffen, namentlich bei Dampfschiffen der gewöhnliche. Das oben erwähnte Mittel, nämlich die Nadel, wodurch Tauen unter dem Kiel hindurchgezogen werden, ist zu umständlich und in seiner Anwendung zu beschränkt, so dass man davon oft Gebrauch machen könnte. Es erfordert auch, wenn es gelingen soll, einen weichen und reinen Untergrund, und man darf kaum hoffen, die Nadel durch Kies hindurchzutreiben.

Die Taucherglocke kann in vielen Fällen von wesentlichem Nutzen sein, theils um die Ladung, wenn sie aus einzelnen schweren Stücken besteht, an das Zugtau zu befestigen, theils aber auch um das Schiff selbst sicher zu fassen. Es sind jedoch dazu so vielfache Vorkehrungen erforderlich, die bei der schnellen Zerstörung eines an der Meeresküste gesunkenen Schiffes sich so

treffen lassen, dass man auch hiervon nur selten Gebrauch machen kann.

Um die in grosser Tiefe gesunkenen Seeschiffe zu heben, ist kein andres Mittel übrig, als dass man den Versuch macht, ein schweres Tau oder eine starke Kette dicht über dem Grunde um sie herum zu ziehen, und an Seitentauen oder Seitenketten, die vorher schon in jenes erste eingesteckt waren, die Zug vorzunehmen. Es darf kaum erwähnt werden, wie unsicher von wie vielen Zufälligkeiten dieses Verfahren abhängig ist, man keineswegs hoffen darf, dass gleich der erste Versuch gelingen möchte. Nichts destoweniger sind doch zuweilen auf diese Art günstige Erfolge erreicht worden.

Der Hafenmeister White in Cork war besonders glücklich in Anwendung dieses Verfahrens. Er hatte vor wenigen Jahren vier Seeschiffe, drei Dampfschiffe und eine Menge kleinere Schiffe gehoben. Sein Verfahren bestand darin, dass an eine starke Kette die Seitenketten in angemessenen Entfernungen angebracht wurden. Von zwei Schiffen aus wurde die erste Kette an dem Vordertheil des gesunkenen Schiffes gelegt, und indem die Kette an dem Wrack vorbeiführte, fasste die Kette möglichst in der Mitte den Vordersteven des letztern. Beide Enden der Kette wurden scharf ausgezogen und dadurch an beide Seiten des Schiffes gebracht. Alsdann zog man auf beide einen starken eisernen Ring, und stiess diesen so tief herab, dass er die Kette an dem Ruder des Wracks zur Berührung brachte. Nannmehr bewegte sich die Schiffe zur Seite des Wracks, und indem die Kette immer gespannt erhalten wurde, zog man die Seitentauen über kräftige Winde-Vorrichtungen und hob hieran das Wrack.)

Zur Hebung des berühmten Wracks des Linienschiffes *George*, das bei Spithead gesunken war und in neuester Zeit mit Pulver gesprengt ist (§. 93), schlug White ein ähnliches Verfahren vor, das sich jedoch von dem eben beschriebenen nur unterachied, dass die Kraft zum Herausziehen des Wracks nicht den hydrostatischen Druck hervorgebracht werden sollte, sondern nämlich grosse Cylinder aus Eisenblech, die mit Was-

ser gefüllt waren, an jene Seitenketten befestigen, und die Hauptkette um das Schiff geschlungen war, durch die Pumpen mittelst eines elastischen Schlauches mit Luft an-

Das erwähnte Verfahren, grosse Schiffe mit einer Kette umschlingen, ist demjenigen nicht unähnlich, welches zur Heraus-
schaffen kleinerer Gegenstände, wie Anker, Böte zuweilen anwendet. Die Rheede vor Pillau war während des Kriegesjahre so unrein geworden, dass ausser den sonstigen Gefahren, denen die dort ankernden Schiffe ausgesetzt sind, noch diese hinzukam, dass die Ankertaue leicht durch Gegenstände auf dem Grunde beschädigt wurden, und das Ausziehen der Ankertaue verhindert war. Diese hinderlichen Gegenstände bestanden grossentheils in Schiffsankern, die in einer Tiefe von 40 bis 60 Fuss auf dem an sich reinen, weichen Grunde lagen. Die Fortschaffung derselben war dringend nöthig, konnte aber bei der Unsicherheit des Erfolges und der Seltenheit ganz windstillen Tage nicht in kurzer Zeit bewirkt werden. Der Zweck wurde indessen durch eine Privat-Industrie erreicht, die recht ergiebig war, und den grossen Nutzen hatte, dass die Rheede etwa in 10 Jahren wieder ganz rein wurde. Die in Pillau wohnenden Seelente, die den aus- und eingehenden Schiffen dienen, und hierin ihren Erwerb finden, fuhren bei windstillen Tagen, wo ihr gewöhnliches Geschäft unterbrochen war, auf der Rheede und versuchten Anker zu fischen.

Das Verfahren war dabei dieses. An eine lange hin- und her starkes Leine wurden theils leichte Gewichte und theils kleine Holzstückchen (Flotthölzer) abwechselnd angebunden, wobei die Leine etwa 6 Zoll über dem Grunde gehalten wurde. Die beiden Enden der Leine lagen in zwei Böten, und indem diese in entgegengesetzter Richtung auseinanderfuhren, wurde die Leine gerader Linie ausgespannt. Dann fuhren die beiden Böte auseinander, wobei die Leine immer gespannt blieb, und jeden Widerstand sie irgendwo fand, gleich zu erkennen gab. Trat ein Hinderniss ein, so wurden die Böte gegen einander gerudert und auseinander in der Weise, dass die Spannung der Leine fortdauernd blieb wurde. Gemeinhin trafen die beiden Böte nicht aufeinander, und dieses nur geschehen konnte, wenn der gefasste Gegenstand in ihrer Mitte gelogen hatte. In demjenigen Boote, welches

tere war, müsste die Leine so weit eingezogen werden, bis beide zusammenkamen. Nunmehr wurden die Leinen einander geschlungen oder ein halber Schlag darin geworfen und so verwechselt, dass dasjenige Ende, welches früher an der nördlichen Seite war, auf die südliche kam und umgekehrt.

Die Böte entfernten sich hierauf wieder von einander, und da sich der geschlungne Knoten immer tiefer an den gegebenen Gegenstand, und berührte ihn endlich. Man bemühte sich, ein starkes Anzieln der Leinen ihn noch recht fest zu schlingen.

War dieses geschehen, so zog man in beiden Böten die Leinen ein, und brachte die Böte dadurch genau über den gefassten Gegenstand, den man nunmehr durch Aufwinden der Leinen abheben versuchte. Wie unsicher das ganze Verfahren ist, darf nicht erwähnt werden. Die Leine blieb häufig an einer Unebenheit des Grundes hängen, über welche sie sich herüberzog, sobald man den Knoten schlingen wollte, und selbst wenn man den Arm des Ankers oder sonstigen fremdartigen Gegenstandes gefasst hatte, zog sich die Schlinge sehr oft darüber fort. Die meisten dieser sehr zeitraubenden und mühsamen Versuche missglückten; nichts desto weniger war der Gewinn, wenn endlich ein Erfolg gelang, wieder so gross, dass er volle Entschädigung bot, so wurde dieses Suchen nicht früher aufgegeben, als bis die Rinde gereinigt war.

Wenn die Schiffe endlich in so geringer Tiefe gesunken sind, wie sie mit dem Borde über Wasser liegen, so heben sie sich von selbst, sobald man den Wasserstand darin hinreichend senken kann. Jede Pumpe oder sonstige Schöpfmaschine, die man wirken lässt, senkt den Wasserstand bis zu einer gewissen Tiefe, nämlich so weit, bis ebenso viel Wasser durch den Leck hineinfliesst, als man ausgepumpt. Die zufließende Wassermenge vermehrt sich aber bei gleicher Grösse des Lecks im Verhältnisse der Quadratwurzel der Niveau-Differenz zwischen dem äussern und innern Wasserstande. Hat man diese entsprechende Senkung erreicht, ohne dass das Schiff schwimmt, so ist die Fortsetzung der Arbeit überflüssig, indem fortwährend ebenso viel Wasser durch das Leck hineintritt, als man auspumpt. Wenn man dagegen eine kräftigere Schöpfmaschine anwendet, oder die Anzahl der Pumpen vermehrt, kann man auch das

Schiff tiefer entloeren, und es dadurch vielleicht heben. Nun begründet sich der Nutzen, den recht kräftige Schöpfmaschinen in diesem Falle haben. Es kommt dabei jedoch nicht nur darauf an, das Schiff nur einmal zu heben, sondern es muss auch schwimmend erhalten werden, bis es an eine flache Stelle gebracht ist, wo man es ohne Nachtheil wieder sinken lassen kann, genäht wird es aber sogleich bis zur Schiffsbaustelle geführt. Es ergibt sich hieraus, dass die Schöpfmaschine ganz sicher in ihren Anwendung sein muss und ihr Betrieb während dieser Zeit nicht unterbrochen werden darf. Dazu gehört bei der Anwendung an Seeschiffe vorzugsweise, dass die Ventile und Liederungen der Pumpen nicht etwa durch den eintreibenden Ballast beschädigt oder unwirksam werden. In dieser Beziehung empfiehlt sich besonders die Kettenpumpe oder das Paternoster-Werk (§. 46). Es überdies die grosse Bequemlichkeit bietet, dass es wenig Raum einnimmt und leicht in die Schiffslücken gestellt werden kann. Es ist mehrfach mit sehr gutem Erfolge zu diesem Zwecke am Neufahrwasser und Pillau angewendet worden.

Sobald das Schiff gehoben ist, bemüht man sich behufs der Erleichterung der Pumpen sogleich die Lecke etwas zu stopfen. Im Innern kann man gemeinhin wenig dafür thun, da Alles, was man hineinstopft, durch den äussern Wasserdruck wieder herausgetrieben wird, dagegen werden die Gegenstände, die man von aussen gegen die lecke Stelle bringt, eben durch diesen Wasserdruck dicht heran und sogar in die Oeffnungen hineingedrückt. Mit vielem Erfolge hat man häufig Segel um die Schiffe herumgezogen, und um das Eindringen des Wassers noch mehr zu vermindern, die Segel vorher verdoppelt und Spreu, Werg und andere lose Massen dazwischen genäht. Andrerseits kann man mittelst untergezogener Taue das bereits gehobne Schiff auch leicht zwischen zwei andern Schiffen oder, wenn es nur klein ist, zwischen grosse leere Tonnen hängen.

Endlich will ich noch kurz anführen, in welcher Weise der bereits erwähnte Hafenmeister White das Dampfschiff landete, welches das im Lee-Flusse ohnfern Cork gesunken war. *) Dasselbe lag in einem so engen Fahrwasser, dass die bereits erwähnte Methode

*) *Civil-engineer and architects journal.* Vol. VIII. Seite 6.

anschlüssens einer Kette keine Anwendung finden konnte. Eine Seite desselben berührte sogar unmittelbar den Rand des Wassers, und der sehr bedeutende Leck befand sich gegen-

Im Fahrwasser selbst wurde ein Fangedamm gezogen, der vorn und hinten an das Schiff anschloss, indem dieses die des Dammes an der vierten Seite versah. Damit kein er unter dem Boden durchdringen möchte, versenkte man dem Schiffe einige Last Thonerde. Nachdem der auf diese abgeschlossene Raum ausgepumpt war, musste man noch zwei tiefer graben, um den Leck frei zu legen. Man packte vier Flanell darauf und nagelte einzöllige Bretter darüber. Durch war das Schiff so dicht geworden, dass es mit Leichtigkeit schwimmend erhalten und 7 englische Meilen weit bis zur Stelle gebracht werden konnte.

§. 93.

Sprengen der Felsen.

Wenn die Geschiebe, die im Fahrwasser liegen, so gross sind, dass man sie mit den Zangen oder Hakenkeilen nicht sicher heben kann, oder die zu Gebote stehenden Hebezeuge dem Gesteine derselben nicht angemessen sind, so müssen sie vorher in kleinere Stücke zertheilt werden. Häufig besteht auch die hinderliche Steinmasse nicht aus einzelnen Blöcken, sondern aus einer zusammenhängenden Felsbank. Alsdann ist deren Beseitigung bis zu der erforderlichen Tiefe nicht anders möglich, als durch Ablösung einzelner Theile, die sich zu hoch erheben. Wenn der Fels fest ist, so kann man die Zerstückelung desselben zuweilen bewirken, dass man mit grossen und starken Brecheisen, welche in die natürlichen Fugen des Gesteins gestossen werden, einzelne Stücke abbricht, und zugleich aufwuchtet, um mit der Steinzange oder auf andere Art fassen und heben zu können. Dieses Verfahren findet indessen in den Strombetten leicht Anwendung, da es nicht nur einen sehr lockern Zusammenhang der Steinmassen, sondern auch ein deutliches Krachen der Fugen und der ganzen Textur der Oberfläche des Felses voraussetzt. Beide Bedingungen werden schon einzeln selten erfüllt, ihre Verbindung beschränkt die Anwendbarkeit

der Methode aber so sehr, dass man vielleicht noch einen ausgedehnten Gebrauch davon gemacht hat. Nichts weniger kann man durch besondere Mittel, selbst in einem trübtem Wasser und in grösserer Tiefe die Sohle des Bettes sichtbar machen. Hievon wird bei Gelegenheit der Taxis Apparate die Rede sein.

Am leichtesten bewirkt man die Ablösung der einzelnen Theile einer klüftigen oder aus weichem Gestein bestehenden Felsmaße, wenn man sie ganz trocken legt, also den betreffenden Theil des Flussbettes mit Fangedämmen umgibt, und den eingeschlossenen Baum ausschöpft. Bei kleinen Flüssen wählt man nicht selten dieses Verfahren, wie z. B. an der Ems geschehen ist. Die Ausführung der Fangedämme bietet aber auf Kreide oder andern weichen Gestein keine bedeutenden Schwierigkeiten, indem man zugespitzte Eisenstangen eintreiben kann, welche die Holzverbindung hinreichende Festigkeit geben.

Am häufigsten wiederholt sich der Fall, dass die Felsmaße aus so festem Gestein besteht, und zugleich so tief liegt, dass eine Fangedamm darüber nicht mehr ausführbar ist. Man muss es alsdann zum Sprengen mittelst Schiesspulver entschliessen und zwar geschieht dieses unter Wasser in ähnlicher Weise, wie bei den Steinbrüchen. Es darf indessen kaum erwähnt werden, dass die Operation in diesem Falle viel mühsamer wird, und eine grössere Vorsicht erfordert. Sie lässt sich indessen auch auf einzelne grosse Steinblöcke anwenden, die im Flussbett liegen und die man in kleinere Stücke zerlegen will. Man hat dieses Verfahren vielfach angewendet, und es ist so sicher, dass der Zweck jedesmal erreicht wird, oder wenn dieses zuweilen nicht vollständig geschehen ist, so lag der Grund dafür nicht etwa in unüberwindlichen Schwierigkeiten, sondern vielmehr in der Unzulänglichkeit der angewiesenen Geldmittel.

Das Verfahren besteht darin, dass man senkrechte, oder nur wenig geneigte Bohrlöcher ausführt. Dieselben lassen sich mit grosser Sicherheit selbst in bedeutender Tiefe unter Wasser darstellen. In diese bringt man das Schiesspulver hinein, verbindet letzteres mit den Zündschnüren und verschlieset die obern Theile der Bohrlöcher durch den sogenannten Beil um einer Entladung der Schüsse in der Richtung der Bohrlöcher

neugen, und die Kraft des explodirenden Pulvers gegen den Stein zu richten. Die grösste Schwierigkeit besteht darin, das Pulver nebst der Zündschnur vor jeder Benetzung und selbst vor Feuer zu schützen. Um diesen Zweck sicher zu erreichen, hat man verschiedene Mittel gewählt, die ich bezeichnen will, indem ich einige wichtigere Sprengungsarbeiten näher beschreibe.

Unter allen bekannt gewordenen Methoden zum Steinsprengen mit Wasser stimmt die vom spätern Geheimen Ober-Baurath v. Sauer bei Schiffbarmachung der Alle angewendete, am besten mit derjenigen überein, die in den Steinbrüchen üblich ist. Derselbe erwähnt, dass er auch andere Methoden versucht, die nicht brauchbar gefunden habe. Die Wassertiefe über dem Stein betrug 2 bis 3 Fuss, zuweilen jedoch bis 5 Fuss.

Nachdem der Stein von einem Nachen aus, der an beiden Enden befestigt war, gehörig untersucht und die passendste Stelle für den Schuss ermittelt war, wurde mit einem Kronenbohrer von conischer Form, eine breite Vertiefung im Steine dargestellt, die man immer leicht wieder finden konnte. Sobald dieselbe etwa 1 Fuss tief war, so setzte man die Arbeit mit dem Meisselbohrer fort.

Das Bohrloch war 1 Zoll weit und seine Länge im Allgemeinen dem dritten Theile der Höhe des Steines gleich. Bei den kleinsten Steinen bohrte man 1 Fuss, bei den grössten bis 3 Fuss tief. Hierauf wurde die Mündung des Bohrloches mit einem passend geformten grössern Kronenbohrer konisch erweitert, so dass sie oben 2 bis 2½ Zoll weit geöffnet war.

In diese Erweiterung wurde die entsprechende Spitze einer eisernen Röhre getrieben. Letztere bestand aus einem rechtlichen und astfreien Holzstücke von 3 Zoll Durchmesser, und war 1½ Zoll weit gehohlet. Die Spitze war in der konischen Fläche leicht eingekerbt und dadurch möglichst uneben gemacht. Man bedeckte sie recht gleichmässig mit einer dünnen Lage Heede (Abgange beim Kämmen des Flachses) und strich darüber eine Mischung von Terpentinöl, Wachs und Talg. Alsdann wurde die Röhre über den Bohrer in die erweiterte Mündung des Bohr-

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffen. 1798. II. Seite 72 ff.

endlich ein trockner Schwamm keine Feuchtigkeit. Um das Eindringen des Wassers um so sicherer wurde die Fuge zwischen dem Steine und der Röhre aussen mit fettem Thon verstrichen, was bei uns durch Leute geschah, die im Tauchen einige Male waren. Während des Ausschöpfens des Bohrloches wurde das Pulvermehl und die etwa abgefallenen grösseren Steinstücke mit feinen Löffel entfernt.

Nachdem auf diese Weise das Bohrloch angebracht war, füllte man es etwa zum dritten Theile mit Pulver an: und zwar wurde dazu mit Ausschluß eines Zoll starken Lages, gewöhnliches grobes Pulver genommen. Die obere Lage bestand aber aus feinem Pirschpulver. Die Zündnadel, deren unterer Theil aus Kupfer bestand, wurde in der Wand des Bohrloches zwei Zoll tief in die Erde geschoben und trockner Lehm darauf gestreut, der die Ladestücke festhielt. Letzterer war an einer Seite durch ein Loch versehen, damit die Zündnadel sein Eindringen verhindern konnte. Der ganz trockne Lehm lässt sich jedoch nicht schlagen, daher brachte man über denselben noch eine Lage aus Ziegelmehl und bildete daraus den eigentlichen Schlag, der nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern auch in die hölzerne Röhre reichte. Nunmehr wurde die Röhre sichtlich herausgezogen, durch einen hinreichend langen Stab oder ein feines hölzernes Röhrchen gestossen und

Der auf diese Weise vorbereitete Schuss wurde endlich durch Lückchen glühenden Schwammes entzündet, das man mit seiner Zunge herabfallen liess, oder gewöhnlich nur aus freier Hand hineinwarf. Der Arbeiter, der den Schuss anzündete, musste sich hüten, von der hölzernen Röhre getroffen zu werden, wist senkrecht in die Höhe flog. Im Uebrigen fand bei der Explosion keine Gefahr statt, denn die Steinstücke wurden nicht über das Wasser geworfen, es lösten sich in der Regel keine kleinern Theile, vielmehr spaltete der ganze Stein weit auseinander, als in freier Luft und trennte sich gemeinhin nur in einige grössere Stücke.

Manche Steine waren so gross, dass sie fünf bis sechsmal zerlegt werden mussten, bevor die einzelnen Stücke mit der Hand gefasst werden konnten. Durchschnittlich kostete das Sprengen jedes Steines einen Thaler.

Einige der hierbei gebrauchten Apparate sind in Fig. 228 dargestellt: *a* zeigt den mit dem Schwamme umwundenen Stock, *b* den Löffel, dessen man sich zum Ausnehmen des Bohrschlammes bediente, *c* die Zündnadel und *d* den Ladestock. Die Bohrer waren nicht wesentlich von denjenigen verschieden, welche früher (§. 11) beschrieben sind.

Sehr wichtig sind die Sprengungsarbeiten, welche Thunberg beim Bau des Hafens von Carlskrona vornahm: sie erfolgten in grosser Tiefe unter dem Spiegel des Meeres. Ausserdem waren sie aber auch wegen der eigenthümlichen dabei getroffenen Anordnungen und namentlich wegen der Schliessung des Loches mittelst eiserner Keile erwähnt zu werden. Ich übersehe nachstehend die Uebersetzung der betreffenden Stelle aus dem Werke von Fellers über dieses interessante Verfahren mit.

Mit einem starken Steinbohrer von 3 Zoll Durchmesser bohrt man in den Stein ein Loch von hinreichender Tiefe. Der Bohrer ist so lang, dass er bis über die Oberfläche des Wassers reicht. Zum Einsetzen des Schusses dient eine Röhre von Weisenerz, die unten mit einem Boden versehen und dicht gelöthet ist, so dass das Wasser nicht hineindringen kann. Ihr unteres Ende ist so weit sein, dass es das Bohrloch im Steine füllt. Sie ist so lang, dass sie bis über die Oberfläche des Wassers reicht. (Fellers, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.)

heraufreicht. Ferner gebraucht man zwei eiserne Keile, denjenigen, womit Steine gehoben werden (der Hakenkeil). Der eine derselben hat sein dickes Ende oben, der andere unten. Wenn beide aufeinander gelegt werden, bilden sie einen Keil. An denjenigen Keil, dessen dickes Ende nach unten geht, bindet man mit einer Schnur die Patrone, welche das Pulver hält. An dieser Schnur versenkt man ihn in die Röhre, die Patrone auf dem Boden der letztern steht. Der Keil ist an dem obern oder dem dicken Ende mit einer eisernen Stange verbunden, die gleichfalls bis über die Röhre herausreicht; ausserdem ist in der schrägen Ebene, womit er den Boden berühren soll, eine Rinne eingeseilt. In diese Rinne passt die Papierröhre, worin sich die Zundschnur befindet, und die letzte im übrigen Theile ihrer Länge mit einer dünnen zernen Rinne, die mit einem Faden an jene Eisenstange befestigt wird. So kann das Feuer sich von oben her durch die Rinne und durch die in den Keil eingeseilte Rinne bis zur Patrone fortsetzen. Diesen zweiten Keil schiebt man mit der daran befindlichen eisernen Stange zugleich mit der zernen und hölzernen Rinne in die Blechröhre herab. Nachdem er auf dem Lande zusammengesetzt ist, stellt man die Blechröhre das Bohrloch und klebt den Zünder mit Thon an die Rinne und die Eisenstange. Alsdann ist der Schuss vollbracht. Um aber wenigstens einen Theil des Apparates zu sichern, legt man die eingesetzte Röhre zwischen die Balken eines nahe liegenden Flosses, legt andere Holzstücke auf dieses, bis man endlich eine Bohle, die genau über die Mündung der Röhre treffen muss, ohne jedoch die Stange, noch sonst einen Theil des Apparates zu berühren. Um der Bohle noch mehr Widerstand zu geben, legt man einen Stein darauf. Alsdann brant man den Schuss ab. Der Keil, dessen untere Fläche den Stoss des Schusses zunächst empfängt, kann den zweiten Keil, der ihn hält, mit sich austreiben. Beide klemmen sich daher stark gegeneinander, und wenn das Bohrloch und der Stein muss zerspringen. Der mit der Spitze abwärts gekehrte Keil nebst der daran befestigten zernen Rinne wird gemeinhin in die Höhe geworfen, und die Stange, die die Bohle und bleibt darin stecken, so dass man sie an dem nächsten Orte bei den folgenden Schüssen wieder benutzen kann.

Keil und das untere Ende der Blechröhre werden dagegen jedem Schusse verloren.“)

Nach der zugehörigen Zeichnung ist das Bohrloch nahe 3 Fuss tief, die Patrone 1 Fuss hoch, und ebenso lang sind auch die Keile. Fig. 229 zeigt den ganzen Apparat: nämlich *a* die einzelnen Theile in ihrer Zusammensetzung, *b* den mit der einen Seite nach unten gekehrten Keil, *c* denselben nebst der Patrone und der Schnur, *d* den andern Keil mit der eisernen Patrone und *e* die hölzerne Rinne. Die Tiefe, in welcher gesprengt wurde, war ohne Zweifel mit der allgemeinen Meeres Tiefe an der Stelle, wo der Fangedamm errichtet wurde, übereinstimmend, betrug also etwa 20 Fuss.

Dieselbe Anordnung des Apparates wurde einige Jahre später bei den Sprengungs-Arbeiten an der Donau wiederholt. In der Beschreibung derselben**) wird gesagt, dass bei der Schuss zwar sehr sicher erfolgte, und niemals die Ladung durch das Bohrloch staut fand, dass aber im Vergleiche mit demjenigen Verfahren, wobei der obere Theil des Bohrloches mit kleinen Steinstücke, Thon u. dgl. gefüllt und fest ausgegossen wurde, die Wirkung einer gleichen Pulvermenge viel geringer ausfiel. Es wird ferner erwähnt, dass bei Anwendung der Röhre die Wirkung um so geringer war, je weniger genau sie sass, und je grösser der Spielraum zwischen dem Bohrloche und der Röhre war. Man versuchte auch, den untern Keil, der einmal zur Seite geschleudert wurde und alsdann nicht wieder gefunden war, aus hartem Holze darzustellen, indem man sogar versuchte, dadurch einen genauern Schluss zu erreichen. Dieser Versuch missglückte aber vollständig, indem die hölzernen Keile splitterten wurden, und die Entladungen durch das Bohrloch erfolgten, ohne den Stein zu sprengen.

Die Wirkung der beiden Keile besteht ohne Zweifel darin, dass beide in Folge der Explosion des Pulvers aufwärts gehoben werden, jedoch nicht mit gleicher Geschwindigkeit. Der-

*) *Essais de bâtir sous l'eau par J. Fellers.* Stockholm 1776. S. 8.

**) Nachrichten von den 1778 bis 81 in dem Strudel der Donau vorgenommenen Arbeiten. Wien 1781. Seite 27.

jenige, dessen grössere Basis abwärts gekehrt ist, und der da dies ein weit geringeres Gewicht hat, als der andre, wird oben heraufgestossen. Er überholt daher diesen, beide drängen es gegeneinander und schliessen das Bohrloch. Die Blechröhre bei diesem Zusammenstossen ohne Zweifel sogleich gespreizt an die Keile pressen sich so kräftig an die Wände des Bohrloches, dass der ganze Schuss sich nicht mehr nach oben entladen und folglich seitwärts wirken muss. Es ist indessen klar, dass wenn schon die Röhre das Bohrloch nicht vollständig ausfüllt, die Keile dieses noch weniger thun können: sie lassen vielmehr, wenn sie sich auch weit übereinander schieben, zu beiden Seiten tiefe Räume offen, durch welche ein grosser Theil der comprimierten Luft entweichen kann. Die an der Donau gemachten Erfahrungen werden hierdurch vollständig erklärt. Andreerseits ist es aber nicht in Abrede zu stellen, dass die Methode nicht nur eine grosse Bequemlichkeit in der Ausführung bietet, sondern auch, so fern sehr sicher ist, als beim Einschieben der Keile eine Beschädigung der Blechröhre und des Zünders viel weniger zu fürchten ist, als wenn der Besatz darin eingestampft wird. Bei grossen Tiefen dürfte sich daher diese Methode vorzugsweise empfehlen, man darf aber nicht unbeachtet lassen, dass wegen des unvermeidlichen Entweichens des Gases durch die Seitenöffnungen die Kraft geschwächt wird, oder man mehr Pulver anwenden muss, als nach sonstigen Erfahrungen nöthig ist.

Bei den Sprengungs-Arbeiten an der Donau wurde ausser der so eben beschriebenen, noch eine andre Methode angewendet, die in ihrem Erfolge zwar weniger sicher war, die aber wenn sie glückte, bei gleicher Ladung eine viel grössere Wirkung als die erste zeigte. Die Anordnung war folgende. Eine Blechbüchse, Fig. 230 a, oben geschlossen und unten mit einem Deckel versehen, der gleichfalls wasserdicht aufgesetzt werden konnte, war so gross, dass sie durch die Pulverladung vollständig gefüllt wurde. Oben war eine feine Blechröhre, oder die Zündröhre angelöthet, durch welche der Zündfaden gezogen wurde. Letzterer musste zuerst und zwar so tief hineingestreckt werden, dass er bis mitten in die Pulverbüchse reichte. Alsdann füllte diese an, und schob den Deckel auf, dessen vorstehender Theil vorher mit Talg eingerieben war, um den Zutritt des Was-

hindern. Die Büchse wurde nunmehr auf den Boden des Loches geschoben (Fig. 230 d). Indem man jedoch besorgte, bei dem Feststossen des Besatzes die Pulverbüchse und mehr die Zündröhre leiden könnte, so traf man eine Anordnung, welche so viel bekannt, sonst nicht wieder gewählt ist. Es wurde nämlich eine Rinne, Fig. 230 b, aus Schmiedeeisen geschoben, welche nicht nur in der ganzen Länge des Bohrloches die Zündröhre überdeckte, sondern auch bis über die Oberfläche des Wassers herausreichte, und am untern Ende mit einer Holzplatte versehen war. Letztere befand sich dicht über der Pulverbüchse.

Diese Platte durfte indessen nicht unmittelbar auf der Büchse liegen, weil letztere alsdann durch die Stösse beim Einstampfen des Besatzes leicht beschädigt worden wäre. Man zog daher die in Fig. 230 c dargestellte Schraubenklemme über die eiserne Rinne und zugleich über die Zündröhre, bis die nach unten gerichtete starke Schraube, die als Fuss diente, den Felsen berührte. Dann hob man die Klemme zugleich mit der Rinne wieder herauf und befestigte durch die drei Seitenschrauben beide gegen einander, wobei indessen die Zündröhre so viel Spielraum behielt, sie nicht zugleich mitgefasst wurde. Man stellte alsdann das Apparat wieder ein, und mittelst eines langen Schraubenspiesses wurde der Kopf der nach unten gekehrten Schraube einmal umgedreht, um den gewünschten Spielraum zwischen der Pulverbüchse und der Platte darzustellen. Endlich wurde mit einem Trichters das Material, woraus der Besatz gebildet werden sollte, nämlich feine Steinstückchen und Thon in das Loch geworfen, und durch einen passend geformten Ladestock in mehreren Lagen festgestampft. Fig. 230 d zeigt die Zusammensetzung der ganzen Vorrichtung. Ueber den Inhalt der Pulverbüchse, die Weite und Tiefe des Bohrloches, sowie über die Art der Arbeit sind keine Mittheilungen gemacht.

Bei den Sprengungs-Arbeiten in der Donau war der über den Felsen stürzende Strom so heftig, dass er sowohl das Bohren als das Einsetzen der Röhren und überhaupt die ganze Arbeit ausserordentlich erschwerte, und sogar unmöglich machte. Man musste daher besondere Vorkehrungen zur Mässigung des Stromes treffen. Hierzu bediente man sich theils der §. 91

erwähnten von Castain in Havre benutzten Flöße, die im vorliegenden Falle wohl wenig brauchbar waren, und Mühe so weit an ihre Stelle gebracht werden konnten, einigen Erfolg zeigten. Dagegen fand man es viel vortheilhaft, gewöhnliche Schiffe oberhalb der zu sprengenden Felsen Grund zu stellen, und endlich benutzte man zur Ablenkung des Stromes auch besondere Kasten, welche Fig. 231 seine Dimensionen derselben sind nicht mitgetheilt: es ergibt sich aus der Figur, dass sie im Grundrisse nahe rechtwinklig, zwar gleichschenklige Dreiecke bildeten, deren Schenkel die Basis, d. h. über die dritte Seitenwand des Kastens stiegen, und dadurch den Strom noch vollständiger von den zwischen liegenden Raume abhielten. Die Kasten selbst waren wasserdicht gebaut, und wurden mit Kies so stark beladen, dass sie fest auf dem Grunde aufstanden. Man fand es vortheilhaft, mehrere solcher Kasten von geringer Höhe hintereinander zu setzen, wodurch theils die Mühe der Aufstellung mindert, besonders aber bei plötzlichen Anschwellungen des Wassers fahren sehr erleichtert wurde, indem nur einige Arbeiter auf den obersten Kasten hineinsteigen und den darin befindlichen Kies werfen durften, worauf dieser Kasten forttrieb und die darunter liegenden Kasten sich hoben und gleichfalls weiter gebracht werden konnten.

Es ist schon erwähnt (§. 92), dass mehrere sehr große Steinblöcke, welche früher die Mündung der Dange in der Memel sperren, vor etwa 30 Jahren durch den Hafen-Bauinspector in Memel beseitigt wurden. Sie waren so schwer, dass zum Heben gesprengt werden mussten, und hierzu ein besonderes Verfahren angewendet, welches von den bisher beschriebenen Methoden in mancher Beziehung abweicht. Die Mittheilung darüber darf hier um so weniger umgangen werden, als der Herr Inspektor selbst die Details vollständig angeeignet hat, und die Arbeit dies wegen der grössern Tiefe, worin sie ausgeführt ist, wichtigeren gehört. *)

Die Bohrlöcher waren 1 Zoll 9 Linien weit und tief, sie wurden aber in ihrer Mündung konisch bis an

*) Beiträge zur Kunde Preussens. L. Seite 331.

stert, um darin hölzerne Röhren einsetzen zu können. Die Pulverbüchse bestand wieder in einem Cylinder aus Weissblech, jedoch oben und unten durch aufgelöthete Böden verschlossen.

Der obere Boden war zum Einschütten des Pulvers, mit einer kleinen Oeffnung versehen, und ausserdem war eine blecherne Röhre daran gelöthet, die bis über Wasser reichte. Die Pulverbüchse war 9 Zoll hoch und hielt 1 Zoll $7\frac{1}{2}$ Linien im Aussen Durchmesser, so dass sie in das Bohrloch, welches 1 $\frac{1}{2}$ Linien im Durchmesser war, leicht eingeschoben werden konnte. Die Zündröhre war 4 $\frac{1}{2}$ Linien stark. Der Schuss wurde in der Art vorbereitet, dass zuerst der Zündfaden in die Zündröhre eingeschoben wurde, und zwar so weit, dass er bis zum Boden der Pulverbüchse herreichte. Dieser Zündfaden bestand aus mehreren, recht lose zusammen und schwach zusammen gedrehten baumwollenen Fäden, in welche man einen aus Pulver und Rum gebildeten Brei zwischen hatte, die aber hierauf vollständig getrocknet waren. Diese Zurichtung wurde gewählt, weil es sich gezeigt hatte, dass eine unmittelbare Anfüllung der Zündröhre mit Pulver das Feuer nur wenige Fuss weit fortsetzte, und sonach die Entzündung des Schusses bei der vorhandenen grossen Tiefe nicht erfolgte. Man muss hierbei aber bemerkt werden, dass die gewöhnlichen Zündfäden oder Stoppinnen, die man zum Anzünden von Feuerwerken benutzt, in gleicher Weise zubereitet sind und sich nur dadurch unterscheiden, dass sie in dünne Papierröhren gesteckt werden.

Sobald der Zündfaden eingebracht war, wurde die Pulverbüchse angefüllt, und die obere Oeffnung mit einem gut passenden Kork geschlossen. Ehe man indessen den Schuss in das Bohrloch brachte, wurde in dessen obere Erweiterung eine 8 Zoll stark 2 $\frac{1}{2}$ Zoll weit ausgebohrte tannene Röhre gesteckt, die dem Bohrloche entsprechend, am untern Ende konisch zugespitzt war, so dass die Oeffnung dieser Röhre konnte die Pulverbüchse sehr leicht und bequem eingesetzt werden, ausserdem aber wurde es durch auch möglich, den Thon, der den Besatz des Schusses ausmachte, vor starker Benetzung und völligem Erweichen zu bewahren. Der letzte Zweck erforderte einen wasserdichten Schluss zwischen der Röhre und dem Steine und ein solcher wurde dadurch bewirkt, dass das konische Ende der hölzernen Röhre

unten nur schwach und möglichst gleichmässig, weiter oben dagegen sehr stark mit Heede umwunden, und diese mit einer Mischung von Theer und Asche bestrichen war. Ausserdem wurde ein ringförmiger Sack aus Segeltuch, der mit grobem Sand gefüllt war, oberhalb dieser Umwicklung an die Röhre geschnitten und er bildete, wenn die Röhre fest eingetrieben wurde, einen Schirm, der die ganze Packung zusammenhielt und namentlich das Herausziehen des Polsters aus Heede, oder dessen völlige Auflösung verhinderte. Fig. 232 zeigt die ganze Anordnung.

Nachdem die hölzerne Röhre aufgesetzt, und mit einer Bandramme fest eingetrieben war, entfernte man mittels eines Schöpfes das Wasser aus dem Bohrloche, schob die Pulverbombe in der Zündröhre hinein, und schüttete trocknen Lehm mit Zermehl auf, der in einzelnen Schichten mit einem passend gehaltenen Ladestocke vorsichtig festgestampft wurde.

Die Sprengung geschah unter Eis. Die Explosion war kaum hörbar, und die Eisdecke wurde gar nicht erschüttert. Die hölzerne Röhre sprang aus dem Wasser und war unten gespalten, die Zündröhre dagegen wurde weit fortgeschleudert. Der Boden selbst war regelmässig gesprungen, und die Fuge etwa einen halben Zoll weit geöffnet.

Zu den wichtigsten Sprengungs-Arbeiten der neuern Zeit gehören ohne Zweifel die seit dem Jahre 1830 in dem felsigen Bette des Rheins von der Mündung der Nahe bei Bingen, bis gegen St. Goar ausgeführten. Sie sind beinahe ausschliesslich Preussischer Seits vorgenommen, bevor ich sie aber speziell beschreibe, müssen die lokalen Verhältnisse näher nachgewiesen werden.

Der Rhein, der von Basel abwärts in einem weit geöffneten Thale fliesst, und unterhalb Mannheim in der ganzen Länge des Grossherzoglich Hessischen Gebietes ein sehr geringes Gefälle tritt bei Bingen, wo der Hundsrück und Taunus gegeneinander stossen, wieder in das Gebirge und verwandelt sich hier plötzlich aus dem sanften, ruhigen Strome wieder in einen wilden Bergstrom. Er behält diesen Charakter bis gegen Bonn, indem zwischen Coblenz und Bonn aufs Neue in einem engen Thale fliesst, das links von der Eifel und rechts vom Westerwalde begrenzt wird. Weiter abwärts vermindert sich sein Gefälle

nach, das aber erst in den Niederlanden beinahe so geringe als es unterhalb Mannheim war. Die relativen Gefälle der oben Strecken sind beim mittleren Wasserstande die folgenden:

zwischen Basel und der Französischen Grenze 1 : 1142

von der Französischen Grenze bis zur Brücke

bei Kehl 1 : 1274

von der Brücke bei Kehl bis zur Bairischen

Grenze 1 : 2480 *)

von der Bairischen Grenze bis Mannheim (vor

der Ausführung der Durchstiche) . . . 1 : 6776

von Mannheim bis zur Hessischen Grenze . 1 : 10128

im Grossherzogthum Hessen 1 : 9462 **)

zwischen Bingen und Coblenz 1 : 3610

zwischen Coblenz und Bonn 1 : 4550

zwischen Bonn und Düsseldorf 1 : 5490

zwischen Düsseldorf und Emmerich . . . 1 : 6862

zwischen Emmerich und Nijmegen . . . 1 : 8243

zwischen Nijmegen und Gorkum 1 : 9784 ***)

Auf der Strecke zwischen Bingen und Coblenz ist das Gefälle indessen keineswegs gleichmässig vertheilt, daher stellen- relativ viel grösser, als vorstehend angegeben. In der 1600 m langen Strecke von der Mündung der Nahe abwärts, wo also das Binger-Loch liegt, ist das relative Gefälle durchschnittlich gleich 1 : 1606, doch auch dieses Verhältniss drückt keineswegs die stärksten Gefälle aus, die stellenweise vorkommen, indem auf dieser Strecke wieder keine gleichmässige Abtheilung des Gefälles stattfindet. Die stärksten Gefälle, die bei niedrigem Wasserstande als förmliche Wasserstürze dargestellt sind, sind das Binger-Loch; an der Stelle, wo der Rhein bald Bingen die scharfe Krümmung macht, und sich nordwendet, und das Wilde-Gefähr zwischen Bacharach und Caub.

Diese drei ersten Angaben sind entnommen aus den Mittheilungen Défontaine: *Annales des ponts et chaussées*. 1833. II.

Amelung, Abhandlung über den Wasserbau. Darmstadt 1845. Vorrede Seite VI.

Die beiden letzten Angaben aus Krayenhoff *Verzameling van graphische en topographische Waarnemingen*. Amsterdam 1813.

In gewisser Beziehung ist die letzte Stelle noch gefährlicher, als die erste, denn im Binger-Loche liegt das Fahrwasser unmittelbar neben dem rechten Ufer, während das Wilde-Gefähr in der Mitte des sehr breiten Stromes durchfahren werden muss, wo also die tiefe Stromrinne weit schwieriger zu finden ist. Die relative Gefälle sind hier grösser, als sonst irgend wo auf dem ganzen Rhein zwischen Basel und der Nordsee, die Bergfahrt ist daher schwierig und die Thalfahrt wegen des starken Wassersturzes, der geringen Breite des Fahrwassers und der aus dem Grunde vortretenden Felsköpfe höchst gefährlich. Andere Stellen, wie das Winker-Loch vor Lorchhausen, die Bank oberhalb St. Goar und mehrere andere sind weniger gefährlich, obwohl sie gleichfalls nur mit grosser Vorsicht und genauer Lokal-Kenntniss sicher durchfahren werden können.

An den benannten und manchen anderen Stellen sind in neuester Zeit vielfach Sprengungs-Arbeiten vorgenommen, um das Fahrwasser zu verbreiten, theils aber auch um in anderer Beziehung die Gefahr zu vermindern. Ich beschränke mich hier auf diejenige Stelle, welche unter allen am meisten berührt wird, nämlich auf das Binger-Loch.

Der Hundsrück und der Taunus sind hier in der Sohle des Rheins mit einander verbunden, indem die Felsbank sich von einem Ufer bis zum andern erstreckt. Das Gebirge besteht aus Grauwacke, aber mächtige Lagen Quarz sind darin eingesprengt. Diese haben dem Stosse des Wassers und Eises, auch wohl den der Schiffe und Flösse bisher widerstanden, während die weiche Grauwacke bis zu grösserer Tiefe ausgebrochen ist. Alle vortretenden Felsen, die hier gesprengt sind, bestanden daher aus reinem Quarz, worin das Bohren sehr schwierig war. Das eigentliche Binger-Loch ist die Fahrrinne in einem scharfen Fels-Rücken, der sich dicht unterhalb der Ruine Ehrenfels quer durch den Rhein erstreckt und aus einer besonders mächtigen aufsteigenden umgekehrten Quarz-Schicht besteht.

In früherer Zeit mag diese Bank einen noch stärkeren Wassersturz als jetzt verursacht, und dadurch die Schifffahrt wenigstens bei kleinem Wasser vollständig gehindert haben. Nach manchen Nachrichten soll schon zur Römerzeit, und zwar durch Nero Claudius Drusus und später unter Karl dem Grossen am Ausbruche

sther Vorratungen im Bette und zur Seite des Fahrwassers
setzt sein. Auch der Erzbischof Siegfried zu Mainz, der
Zeit Heinrich IV. lebte, soll dieselben Arbeiten wieder auf-
nehmen haben, nichts desto weniger war die Schifffahrt hier so
schlecht, dass nur kleinere Fahrzeuge und Holzflösse zu Thal
konnten, die Bergfahrt aber bei Asmannshausen unterbrochen war,
alle Güter hier ausgeladen, auf den steilen Bergpfaden über
Niederwald transportirt, und erst bei Eibingen oberhalb Rü-
delsheim wieder in Schiffe zur weiteren Bergfahrt verladen wurden.
Erklärt sich hieraus, wie manche Städtchen unterhalb Bingen,
in ihrer sonstigen Lage nach wenig merkantilitische Bedeutung
haben konnten, dennoch wegen der erschwerten und oft gänz-
lich gesperrten Wasser-Verbindung so wohlhabend wurden, wie
manlich manche grossartige Ruinen dieses noch heutiges Ta-
ges erkennen lassen. Sehr bedeutend war die Verbesserung des
Fahrwassers, welche im Anfange des sechszehnten Jahrhunderts
Handlungshaus von Stockum zu Frankfurt ausführen liess:
noch jetzt benutzte Fahrrinne soll damals ausgesprengt sein.
Später geschah nichts für die Verbesserung des Fahrwassers.
Theils mag im Laufe einiger Jahrhunderte und namentlich
damit eine bestimmte Rinne vorgezeichnet war, der Strom und
Bis, so wie auch die darüber gehenden Fahrzeuge die Tiefe
vergrössert haben. Dieses ist um so wahrscheinlicher, als
vortretende Felsköpfe glatt abgeschliffen sind, und dadurch
die Gefahr beim Aufstossen etwas vermindert wird. Andern Theils
haben sich auch nach und nach die Lokal-Steuerleute besser
kenntlich und indem sie die Gefahr in ihrer ganzen Grösse kannten,
führten sie nur unter günstigen Witterungs-Verhältnissen die
Flösse hindurch, und sorgten dafür, dass dieselben nicht bis zur
vorhandenen Tiefe eintauchten, sondern noch hinreichendes
Wasser unter dem Boden behielten. Der Nullpunkt des alten
Bettes in Bingen, der früher die zulässige Tiefe der Einsenkung
angezeigt haben soll, liegt einen vollen Fuss, Kölner Maass, über
der Sohle des Binger-Loches. So geschah es, dass ohnerachtet
der grossen Erschwerung der Schifffahrt und namentlich des
täglichen Zeitverlustes, dennoch wenig Unglücksfälle vorkamen,
die Klagen über die schlechte Beschaffenheit des Fahrwas-
sers lange Zeit hindurch nicht die Aufmerksamkeit der Regierun-

gen und des Publikums auf sich zogen. Die Schiffer konnten gemeinhin die Schiffahrtshindernisse, die sie aus früherer Zeit kennen, als nothwendige Uebel, die sich nicht beseitigen lassen. Sie fangen erst an zu klagen, wenn einzelne Schiffahrtshindernisse schon beseitigt sind, und ein augenscheinlicher Vortheil vorliegt, dass die uralten Uebelstände wirklich entfernt werden können.

Der lothhafte Schiffverkehr, der sich in den letzten Jahren auf dem ganzen Rhein ausgebildet hat und namentlich durch die regelmässigen vielfachen Fahrten der Personen-Dampfschiffe, mehr aber der Dienst der Dampf-Schleppschiffe wurde, hat ohne Zweifel die Veranlassung zur Verbesserung der ganzen Stromfahrt in der Nähe des Binger-Loches gegeben haben, wenn auch der Beginn der Dampfschiffahrt auf dem Rhein ein zufälliger Umstand war, der sogleich die allgemeine Aufmerksamkeit auf diese gefährliche Stelle gerichtet und die Wiederaufnahme der Sprengungs-Arbeiten veranlasst hatte. Im Jahre 1825 stiess nämlich das Dampfschiff Concordia auf einen Fels unterhalb des Binger-Loches, der dem eigentlichen Fahrwasser weit entfernt liegt, auf den man bisher auch so wenig aufmerksam gewesen war, dass man ihm keinen Namen gegeben hatte. Das Schiff wurde sehr beschädigt, aber noch viel nachtheiliger war der moralische Eindruck dieses Ereignisses auf das Publikum machte.

Das Fahrwasser wurde nunmehr genauer untersucht, die §. 60 beschriebene Vorrichtung mit dem eisernen Linienzug wurde hergestellt und bald darauf wurden auch die Sprengungs-Arbeiten begonnen, die mit manchen Unterbrechungen bis zum Jahre 1841 fortgesetzt sind.

Die nachstehende Tabelle weist diejenigen Felsen nach, welche die Schiffahrt hier am meisten behindert war, und deren geschriebenen Maasse zeigen an, um wieviel diese Felsen über oder unter der Sohle des Binger-Loches liegen, wobei aber die Abstände von der durch diese Sohle gezogenen Horizontal-Ebene gemeint sind, sondern das Gefälle des Stromes bei kleinem Wasser zugleich berücksichtigt ist. Die Angabe der Felsen Nr. 1 um 2 Fuss 7 Zoll über Bingerloch bedeutet also, dass der Wasserstand über ihm um 2 Fuss geringer ist, als im Binger-Loche. Fig. 255 auf Taf. L

Die Situation dieser Stromstrecke. Die Felsen, welche nicht gesprengt sind, sind darin dunkel gehalten, wogegen die frühere Lage und Lage der bereits gesprengten Felsen nur durch eine Linie bezeichnet ist.

1. Der Fahrstein lag früher 2 Fuss 7 Zoll über Binger-Loch. Er ist in der letzten Zeit gesprengt worden.
2. Der Mühlstein liegt unmittelbar am Nassau'schen Ufer, und zwar sehr hoch, nämlich 15 Fuss 3 Zoll über B. L.
3. Die Fiddel. Der vordere Theil derselben, welcher gesprengt ist, lag früher 2 bis 4 Fuss über B. L.
4. Die Bank ist gleichfalls gesprengt, sie lag früher auf 10 Zoll über B. L.
5. Der Scharfenstein, auch bereits gesprengt, erhob sich früher auf 2 Fuss 3 Zoll über B. L.
6. Die Reiher. Von dieser Felsengruppe ist der dem Fahrwasser zunächst gelegene Theil, der sich bis 1 Fuss 6 Zoll über B. L. erhob, gesprengt, die äussern Köpfe, die weniger gefährlich sind, erheben sich noch 2 bis 3 Fuss über B. L.
7. Der kleine Wegstein auf der rechten Seite des Thalweges, also im Nassau'schen Theile des Strombettes gelegen, erhebt sich 6 Zoll über B. L.
8. Der grosse Wegstein tritt nicht über die Sohle des Binger-Loches vor, sondern liegt noch 7 Zoll darunter.
9. Der Lochstein. Auf diesen beziehen sich vorzugsweise die ausgeführten Sprengungs-Arbeiten, und das Fahrwasser, das hier nur etwa 25 Fuss breit war, ist gegenwärtig in der vollen Tiefe etwa auf 150 Fuss verbreitet.
10. Der lange Ort erhob sich, ehe er gesprengt wurde, 5 Zoll über B. L. und
11. die Bänke in der Fortsetzung des langen Ortes, sind nicht gesprengt. Sie liegen 3 Fuss, und am äussern Ende sogar 3 Fuss 5 Zoll über B. L.

- Nr. 12. Der Fels ist nicht gesprengt und liegt 1 Fuss 4 Zoll über B. L. Endlich
- Nr. 13. Der Concordia Stein, auf welchem das Dampboot Concordia verunglückte, ist gesprengt worden. Seine frühere Höhe betrug 3 Fuss 6 Zoll über B. L.

Ich muss zu diesen Angaben bemerken, dass die Untersuchung des Fahrwassers, welche nach den obigen Theilungen überaus schwierig und zeitraubend ist, theils wegen der ungünstigen Wasserstände in den nächsten Jahren und theils wegen andrer Umstände bisher nicht vorgenommen werden konnte, und es sonach zweifelhaft ist, ob die volle Tiefe wirklich erreicht worden, erreicht ist, oder ob vielleicht noch in und wieder Nacharbeiten erforderlich sein werden. Namentlich ist dieses in so fern leicht möglich, als die frühere Untersuchung nur die höchsten Köpfe der Felsen bemerken liess, und die niedrigeren, die nach der Beseitigung von jenen sich als hohl darstellen, ganz unbekannt bleiben mussten.

Jedenfalls ist indessen das Fahrwasser durch diese Arbeiten wesentlich verbessert, was auch allgemein anerkannt wird. Die punktirte Linie in der Figur bezeichnet den früheren Thalsaal, der aber auch bei der Bergfahrt inne gehalten werden muss und der zugleich die Landesgrenze ist. Er zieht sich dicht an dem rechten oder Nassau'schen Ufer hin, woher seine Erweiterung grossentheils nur auf der linken oder Preussischen Seite erfolgen konnte, und daher ohne Vergleich der grösste Theil der Sprengungs-Arbeiten diesseitig ausgeführt ist. Die Grenze zwischen Preussen und Hessen liegt der Nahe gegenüber, in Hessischen Gebiete liegt daher von allen benannten Felsen nur der unter Nr. 1 aufgeführte Fahrstein.

Die Thalfahrt durch diese Stromstrecke kann von grossen Segelschiffen nur bei windstiller Witterung gemacht werden. Gerade in dieser Gebirgsgegend und in dem engen, von hohen Felsufern eingeschlossenen Thale sind aber heftige Winde viel häufiger, als in andern Gegenden: namentlich der Wipser-Wind (aus dem Wisper-Thale bei Loich kommend), pfeift im Sommer, während sonst die Luft wenig bewegt ist, vor Baum regelmässig alle Morgen einen starken Nordwind zu bilden. Da

Vollkommene Windstille ist aber für die Durchführung der Thalschiffe nicht nur deshalb nothwendig, um sie sicher steuern zu können, sondern der Wasserspiegel darf auch nicht bewegt sein, damit man das Aufwallen des Wassers vor den in der Tiefe liegenden Köpfen bemerken kann. Die Steuerleute haben indessen zur Vermeidung der letztern noch andre sichere Landmarken, woher sie die Dampfschiffe, die freilich weniger tief zu gehen pflegen, und ausserdem sehr scharf steuern, selbst im Sturme und in der Dämmerung hindurch führen.

Das Fahrwasser war früher besonders wegen der geringen Breite und der vielfachen Krümmungen, die es machte, gefährlich, und hierzu kam noch der Umstand, dass die Schiffe bei der scharfen Krümmung des Stromes leicht so weit links getrieben wurden, dass die Wiedergewinnung des Fahrwassers unmöglich war. Nur bei höherm Wasser kann man noch andere Fahrwasserpässen, die mehr in der Mitte des Stromes liegen, woselbst jedoch das Bette dicht mit Felsen besetzt ist. Die Charte giebt dies nicht an, weil sie noch nicht vollständig aufgenommen sind. Um das eigentliche Fahrwasser sicher zu verfolgen, müssen die Schiffe nahe am rechten Ufer herabfahren, und wenn sie von Bingen überlegen, so war bisher der Fahrstein (Nr. 1) ihnen hierbei oft sehr hinderlich. Weiterhin mussten sie der Fiddel (Nr. 2) und dem kleinen Wege-Steine (Nr. 7) ausweichen, während neben beiden auf der rechten Seite gleichfalls andre Felsen lagen, die vermieden werden mussten. Das eigentliche Binger-Loch hatte eine so günstige Richtung, dass das Passiren desselben im Vergleiche zu den übrigen Stellen wenig gefährlich erschien, woher hier auch keine Unglücksfälle vorgekommen sein sollen. Die geringe Breite des Fahrwassers daselbst war aber allerdings für den Durchgang grössrer Schiffe sehr hinderlich. Eine ähnliche doch minder starke Beschränkung der Breite trat weiter abwärts neben dem langen Orte (Nr. 10) nochmals ein, die indessen gleichfalls nicht als gefährlich angesehen wurde, namentlich so lange das Binger-Loch die Benutzung breiterer Fahrzeuge noch verhinderte.

Es ergiebt sich hieraus, dass das eigentliche Binger-Loch oder das Fahrwasser über dem Lochsteine keineswegs das ein-

aige und kaum das grösste Schiffahrtshindernisse in dieser Stromstrecke war, und sonach die Verbreitung desselben wenig Nutzen gewähren konnte, so lange die andern Hindernisse bestanden. Jedenfalls war indessen, wenn man ein geräumiges Fahrwasser darstellen wollte, hier der schwierigste Theil der Arbeit auszuführen, und es rechtfertigt sich daher gewiss vollständig, das hiermit der Anfang gemacht wurde.

Eine Vertiefung des Binger-Loches hat nicht stattgefunden, man hat vielmehr die Sohle desselben als Norm für die Sprengungs-Arbeiten angenommen. Vielleicht wird man in später Zeit weiter gehen müssen, was für die Schiffahrt allerdings sehr vortheilhaft wäre, aber man wird alsdann nicht nur unterhalb Bingen bis Coblenz sehr ausgedehnte Sprengungs-Arbeiten gleichfalls auszuführen haben, sondern noch dringender würde die Regulirung des Rheins oberhalb Bingen im Grossherzoglich Hessischen Gebiete sein, wo die vielfachen Stromspaltungen und die unnatürlichen Verbreitungen des Bettes hohe Verlandungen verursachen, die zum Theil den Tiefgang der Schiffe mehr beschränken, als das Binger-Loch.

Vorläufig lag sonach keine Veranlassung vor, bei den Sprengungen eine grössere Tiefe, als die des alten Binger-Loches anzunehmen. Diese ist aber im Vergleich mit andern Stellen des Rheins bei verschiedenen Wasserständen sehr verschieden. Die ganze Stromstrecke von Bingen bis St. Goar, ist als ein natürliches Wehr anzusehn, welches ebenso wie ein künstliches Wehr zur Zeit der Fluthen weit weniger staut, als bei niedrigen Wasserständen. Die Vergleichung der im Jahre 1846 im Binger-Loche angestellten Wasserstands-Beobachtungen mit denjenigen in Cöln, ergiebt, dass bei sehr kleinem Wasser der Nullpunkt des Cöln'schen Pegels ziemlich nahe mit der Sohle des Binger-Loches übereinstimmt. Als nämlich gegen Ende November der Pegel in Cöln nur 4 Fuss 5½ Zoll markirte, hatte der Wasserstand im Binger-Loch sich bis auf 4 Fuss 4 Zoll vermindert. Die Vergleichung derjenigen Wasserstände, die sich dem Beherrungsstände nähern, ergiebt die folgenden Differenzen zwischen beiden.

der Pegel.	Binger-Loch. Fahrwasser.	Differenz.
ss 6 Zoll.	4 Fuss 4 Zoll.	0 Fuss 2 Zoll.
4 "	4 " 11 "	0 " 5 "
9 "	6 " 4 "	1 " 5 "
5 "	6 " 9 "	1 " 8 "
2 "	7 " 2 "	2 " 0 "
1 "	7 " 9 "	2 " 4 "
4 "	11 " 1 "	4 " 3 "
8 "	14 " 7 "	8 " 1 "
0 "	17 " 1 "	7 " 11 "
4 "	18 " 0 "	8 " 4 "

Die Tabelle scheint das Verhältnisse der Wasserstände an diesen Orten ziemlich sicher zu bezeichnen, nichts desto weniger nicht an bedeutenden Abweichungen, die ohne Zweifel zeitweise sehr verschiedenen Ergüsse des Hauptstromes Nebenströme herrühren. Während der grössten Hitze am Rhein das Wasser des in der Schweiz schmelzenden ab, wogegen die Nebenströme, also die Lahn, Mosel, Sieg gerade den niedrigsten Stand erreicht haben. Der oben erwähnte Unterschied in der Periode der Anschwellung am Rheine und Niederrheins (§. 56) giebt sich daher auch in den Monaten Juli, August und selbst später betrug bei Wasserstände zwischen 8 und 9 Fuss am Cölner Pegel die nur 4 bis 11 Zoll, und im September war sie selbst 1 Fuss 10 Zoll am Cölner Pegel nur 1 Fuss 5 Zoll.

Es ergiebt sich aus dieser Vergleichung, dass die sehr geringe Tiefe des Fahrwassers im Binger-Loche zur Zeit der höchsten Wasserstände allerdings weniger störend ist, dass sie den gewöhnlichen niedrigen Wasserständen zwischen 6 Fuss am Cölner Pegel schon eine sehr bedeutende Verengung der Einsenkung der Schiffe bedingt.

In den Jahren 1830 bis 1832 wurden auf Kosten der Preussischen Regierung ausgedehnte Sprengungs-Arbeiten im Binger-Loche oder auf dem Lochsteine (Nr. 9 der Zeichnung, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

nung) vorgenommen. Das dabei angewandte Verfahren, der ausführende Baumeister van den Bergh selbst mitgetheilt war im Wesentlichen das Folgende.

Die Pulverbüchse, deren Höhe jedesmal dem dritten der Tiefe des Bohrloches gleichkam, hielt 1 Zoll 8 Linien Außern Durchmesser. Sie war unten mit einem gut sich schließenden Deckel versehen, dessen cylindrischer Rand sich in die Büchse hineinschob. Oben und zwar in der Mitte der Büchse saß eine blecherne Zündröhre von 3 bis 4 Linien Durchmesser aus. Dieselbe reichte jedoch nicht bis über den Wasserspiegel, sondern war nur 2 Fuss 6 Zoll bis höchstens 3 Fuss lang. Die Zündschnur war durch sie hindurchgezogen, und ihr oberes Ende trat über Wasser vor. Um dieselbe gegen Benetzung zu sichern, mußte der ganze Apparat in eine zweite Blechröhre von 10 Linien Durchmesser eingesetzt werden, die unten mit einem angelötheten Boden versehen war, und oben bis über das Wasser hinausreichte. Die Bohrlöcher waren 2 Zoll weit und durchschnittlich 2 Fuss 2 Zoll tief. In die erwähnte weite Blechröhre wurde der Schuss eingesetzt, und ausserdem mittelst eines Holzstocks, dessen untere Platte eine sichelförmige Gestalt hatte, ein Besatz aus angefeuchtem Lehm bestehend, eingestampft. Nachdem dieses geschehen war, brachte man die so vorbereitete Zündröhre in das Bohrloch. Letzteres mußte, um das Hinabfallen von Sand zu verhindern, vorher durch einen konisch zugefertigten Stock geschlossen gehalten werden. Sobald aber die Blechröhre darin war, diente der eintreibende Sand zur vollständigen Auffüllung des Raumes zwischen der Röhre und den Wänden des Bohrloches. Soviel wie möglich wurden immer mehrere Schüsse gleichzeitig angezündet, weil man hierdurch eine Verstärkung des Effectes zu erreichen hoffte.

Beim Bohren waren jedesmal fünf Mann beschäftigt. Zwei drehten den Bohrer und drei schlugen abwechselnd mit Hämmern darauf. Durchschnittlich wurde bei ununterbrochener Arbeit ein Bohrloch in jeder Stunde 2 Zoll vertieft, wenn man jedesmal

*) Die Felsensprengungen im Rhein bei Bingen zur Erweiterung des Thalweges im Binger-Loche von L. van den Bergh. Bingen 1834.

arbeiten mit berücksichtigt, und die ganze vorgekommene Zeit durch die Gesammttiefe aller Bohrlöcher dividirt, so ergab sich, dass auf je fünf Mann in einer Stunde nur eine Tiefe von 1 Zoll 3 Linien trifft. Nachdem man drei Zoll tiefe hatte, muss jedesmal der Bohrer wieder geschärft, und achtmaligem Schärfen neu verstäht werden. Letzteres wiederholte sich also auf 2 Fuss Bohrtiefe einmal. Bei jedem Schusse wurde durchschnittlich $4\frac{1}{2}$ Cubikfuss Steinmasse gelöst, oder 1 Quadratfuss der Oberfläche des Felsens abgebrochen. Jeden laufenden Fuss Bohrloch trafen aber ziemlich nahe 2 Fuss abgesprengten Gesteines.

Bei diesen Arbeiten wurde die Strömung durch einen Staukasten abgehalten, der ungefähr dem in Fig. 231 dargestellten ähnlich ist: er unterschied sich indessen in seiner Form sehr von diesem, insofern das vordere, dem Strome zugekehrte Ende einen viel spitzeren Winkel machte. Der Boden des Kastens bildete wieder ein gleichschenkliches Dreieck, und hatte von 17 Fuss 6 Zoll Basis und 24 Fuss Höhe, beides im Wasser gemessen. Die Seitenwände traten aber noch 4 Fuss über als Flügel vor der Hinterwand oder der Basis dieses Kastens vor. Die Höhe der Wände betrug vorn 12 Fuss 3 Zoll hinten 11 Fuss 3 Zoll. Der Kasten wurde durch eingepackte Fässer oberhalb der Stelle, wo man arbeiten wollte, auf den Grund des Rheins gesetzt. Die Rüstung zum Bohren und Einsetzen der Schüsse bestand aus einem Floss von 38 Fuss Länge und 18 Fuss Breite, welches in der Art zusammengesetzt war, dass man mit Ausnahme des umgebenden Rahmens, alle Theile beliebig verschieben, wonach an jeder Stelle innerhalb der Fläche des Flosses die nöthigen Vorrichtungen vornehmen konnte. Dieses Floss war theils zwischen den Seiten des Kastens befestigt, theils aber wurde es auch am hinteren Ende noch von zwei angebundenen Ankernachen getragen.

Der Staukasten mit dem Flosse bot allerdings für das Sprengen und Bohren eine grosse Bequemlichkeit; in dem sehr schnellen Fahrwasser war er aber für die Schifffahrt höchst störend, er würde, wenn die Dampf-Schleppschiffe schon damals die Theile des Rheins befahren hätten, wie jetzt geschieht, gar keine Anwendung haben finden können. Besonders wurde während jener Arbeiten der Durchgang der Holzflösse sehr erschwert,

nach dieselben richteten wiederholentlich bedeutende Beschädigungen an dem Kasten an. Letzterer wurde sogar zweimal vorübergehende Flösse vollständig zertrümmert, und als zum zweiten Male geschah, wurde die Arbeit eingestellt.

Die mehrfachen Klagen der Schiffer über die noch höchst gefährliche Beschaffenheit des Fahrwassers gab in wenigen Jahren die Veranlassung zur Wieder-Aufnahme der Arbeiten, und zwar erhielten dieselben 1839 bis 1841 die dargegebene Ausdehnung. Die Erweiterung des eigentlichen Loches hatte noch nicht vollständig die gehörige Tiefe erzielt; vorzugsweise wurde aber nunmehr auf die Beseitigung der Senken oberhalb und unterhalb des Lochsteines Rücksicht genommen, um ein mehr gerades Fahrwasser in der ganzen Stromstrecke bilden. Diese Arbeiten wurden durch den Bau-Inspecteur ausgeführt, und die Methode, welche er wählte, stimmte mit der an der Mündung der Dange angewandten überein.

Die Bohrlöcher waren $2\frac{1}{2}$ Zoll weit, ihre Tiefe war 6 Zoll grösser, als die Tiefe, bis zu welcher der Felsen abgetragen werden sollte. Ein Rohr von Weissblech, oben und unten geschlossen und so lang, dass es über das Wasser vorragte, wurde 3 Zoll tief in das Bohrloch eingetrieben. Die Pulverbüchse zwei Zoll im Durchmesser hielt, und deren Höhe etwas den dritten Theil der Tiefe des Bohrloches, also zwischen 10 und 12 Zoll betrug, war mit einer Zündröhre verbunden, die gleichfalls über Wasser reichte. Beide bestanden aus Weissblech und waren zusammengelöthet. Der Deckel am untern Ende der Pulverbüchse wurde vor dem Einschieben mit Talg bestrichen, um gleich einen wasserdichten Schuss zu bilden. In die Zündröhre steckte man zuerst den Zündfaden ein, der aus einem losen laumwollenen Faden bestand, in welchen man Pulver, das in Spiritus getränkt war, eingerieben hatte. Demnächst wurde die Büchse mit Pulver gefüllt, jedoch nicht vollständig, sondern nur so weit, dass etwa einen halben Zoll hoch frei blieb.

Nachdem die Pulverbüchse an der Zündröhre durch das Schutzrohr hindurch in das Bohrloch eingestellt war, so steckte man in dieses zuerst eine kleine Quantität feinen Sandes, den freien Raum ausserhalb der Pulverbüchse nachzufüllen. Der eigentliche Besatz bestand aber aus grobem Sande, und

man so reichlich ein, dass er nicht nur das ganze Bohrloch, sondern sogar einige Zoll hoch über der Oberfläche des in das Schutzrohr hineintrat. Mit einem passend geformten Ladestocke wurde zuletzt der Sand vorsichtig festgestampft. Anzünden geschah gewöhnlich gleich nach der Vorherbereitung einzelnen Schusses. Mehr als zwei Schüsse wurden aber zu gleicher Zeit angezündet.

Ich bin beim Abfeuern einiger Schüsse und zwar auf dem Felsensteine zugegen gewesen. Der Wasserstand über dem Felsen betrug nahe 8 Fuss. Die Entzündung erfolgte jedesmal mit einem dumpfen Krachen und die spätere Untersuchung mit dem Visitir-Eisen ergab, dass die Sprengung des Felsens gelungen war. Ein Auswerfen einzelner Steinstücke bis über den Wasserstand trat nicht ein, nur die Schutzröhre und Zündröhre, die an ihren obern Enden festgebunden waren, brachen unten ab. Sie waren im grössten Theile ihrer Länge nicht beschädigt, konnten daher wiederholentlich benutzt werden, nachdem die unteren Theile erneuert waren.

Zum Abhalten des Stromes hatte man hier ein sehr einfaches Mittel gewählt, das, wenn es auch weniger bequem als ein Sinkkasten war, doch den grossen Vortheil gewährte, dass man im Falle der Noth, oder sobald ein Schiff oder Floss gegen den Strom stossen drohte, augenblicklich den ganzen Apparat lösen und abziehen lassen konnte. Die Beschädigungen beschränkten sich in solchem Falle allein auf die Theile, die vielleicht im vorhergehenden schon festgestellt waren. Die erwähnte Vorrichtung bestand in einer Rinne, die dadurch gebildet war, dass man zwei Bretter der Länge nach rechtwinklich auf einander genagelt hatte. Die Rinne wurde ungefähr senkrecht aufgestellt, so dass der rechte Winkel dem Strome zugekehrt war, und in dem innern Winkel zwischen den beiden Brettern wurde gehohlet und das Schutzrohr aufgestellt. Der obere Theil der Rinne war zwischen dem Nachen und einem leichten Flosse, das nur aus zwei Bäume bestand, festgeklemmt, während der untere mit einem Ringe befestigte Theil durch ein Tau, das vom Vordertheil des Nachens herabreichte, gehalten wurde. Der Nachen selbst lag vor dem Flosse, oder war am Ufer befestigt und um Seitenbewegungen desselben zu verhindern, waren vier Bäume auf beiden Seiten und

zwar sowohl vorn, als hinten schräge ausgesetzt. Sobald darauf ankam, einem Schiffe oder Flosse auszuweichen, so man nur das Ankertau oder das Pungetau lösen, worauf der ganze Apparat frei wurde und mit dem Strome trieb. Nichts desto weniger wurde auch bei diesen Arbeiten der Staukasten wieder benutzt, so oft die Richtung des Fahrwegs ein Gegenstossen der Schiffe und Flüsse nicht besorgen liess.

Endlich will ich noch einer ausgedehnten Sprengungs-Arbeit im Severn erwähnen, die besonders wegen der methodischen Anordnung der ganzen Operation merkwürdig ist. Der Vortrag, den der ausführende Baumeister George Edwards dem *Institute of civil engineers* hierüber gehalten hat^{*)}, ist vielfacher Beziehung so interessant, dass die vollständige Theilung desselben sich rechtfertigen wird.

Zu verschiedenen Zeiten waren bereits Vorschläge zur Vertheilung der Schifffahrt auf dem Severn gemacht, als im Jahr 1842 die Genehmigung zur Vertiefung einer 43 Miles (über 9 Meilen) langen Strecke zwischen Stourport und Gloucester nach dem Regulirungs-Projekte des Ingenieurs Cubitt erteilt wurde. In diesem Theile des Stromes betrug die Tiefe während der Sommermonate stellenweise nur 2 Fuss; sollte aber bei den Wasserständen wenigstens auf 6 Fuss gebracht werden, und oberhalb Worcester zum Theil Bagger-Arbeiten, unterhalb aber eine Reihe von Wehren von 300—400 Fuss Länge mit Schiffsschleusen zur Seite projectirt werden. In der 29 Miles (6½ Meilen) langen Stromstrecke zwischen Worcester und Gloucester sollte dagegen die erforderliche Tiefe theils durch Einschränkung mittelst Parallelwerken aus Faschinen, theils durch Baggern dargestellt werden. Die Unternehmer der ganzen Anlage übertrugen die Beaufsichtigung der Baggerung dem Ingenieur Edwards.

Die Bänke, welche durch Baggern beseitigt werden sollten, lagen gemeinhin einzeln. Ihre Länge betrug 25 bis 200 Ruthen und das Fahrwasser auf denselben musste um 3 bis 5 Fuss vertieft werden. Sie bestanden zum Theil aus aufgeschwemmten

^{*)} *Civil engineer and architect's journal*. IX. Seite 369.

ohne Beimengung grösserer Steine, häufig waren sie aber aus Gneis- und Granitgeschieben, so wie auch aus Porphyr und Gneisstückchen zusammengesetzt. Obgleich diese Ablagerungen theilweise sehr fest waren, so bot ihre Beseitigung doch keine grossen technischen Schwierigkeiten. Andere Bänke bestanden aus zusammenhängendem Mergelboden, zur Formation des Sandsteins gehörig. Dieses war überall der Fall, wo das Ufer auf der einen oder der andern Seite des Thaies an den höhern Uferrand trat. Gemeinhin war der Mergel so hart, dass die Bagger-Maschine ihn nicht angriff, er musste daher mit Schiesspulver gesprengt werden. Er lag in Schichten, die selten 15 Zoll hoch waren, und oft durch grauen Mergel, auch durch sehr harten Lias getrennt wurden.

An vielen Stellen ist dieser Mergel so hart, dass man aus der Hand von einem Boote aus darin kein Bohrloch darstellen konnte. Nichts desto weniger zerfällt er, sobald er der Einwirkung der Luft ausgesetzt wird, sehr schnell in kleine Brocken, wie gebrannter Kalk beim Löschen. Grössere Stücke, die nur mühe gelöst werden konnten, zerfielen nach wenigen Tagen gänzlich in keiner Beziehung die Härte wieder erkennen, die sie unter Wasser gehabt hatten.

Als die Bagger-Maschine auf diesen Mergelbänken verwendet wurde, so zeigte es sich, dass es unmöglich sei, mehr als 60 Tons (etwa $4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Schachtruthe) täglich zu heben, wobei war die Maschine in beständiger Gefahr und vielfache Störungen traten dabei ein. Dieser Fortgang der Arbeit war unvereinbar mit der nothwendigen Beschleunigung, wenn das Unternehmen zur festgesetzten Zeit beendigt werden sollte. Man versuchte daher zunächst eiserne Stangen einzustossen, und durch sie die Schichten zu lösen. Dieses Verfahren war indessen unwirksam. Sodann wurde ein starker Pflug in Wirksamkeit gesetzt, der mittelst einer kräftigen Winde fortgezogen und an einer starken Stange geführt wurde. Die Wirkung war aber wieder gering, und die Arbeit so kostbar, dass auch von diesem Verfahren Abstand genommen werden musste. Endlich versuchte man Schiesspulver anzuwenden, und erhielt dabei so günstige Resultate, dass man beschloss, alle Mergel-Bänke zuerst zu sprengen und dann die gelösten Stücke auszubaggern. Nachdem

im Januar 1845 die hierzu erforderlichen Einrichtungen gestellt waren, wurde mit der Arbeit der Anfang gemacht, und diese ohne Unterbrechung fortgesetzt, wenn sie nicht etwa durch Anschwellungen in Folge starker Regengüsse verhindert war. Die Gesammtlänge der auszusprengenden Strecken betrug $1\frac{1}{2}$ Meile (ein Drittel Meile) und täglich wurden 200 bis 300 Ton. oder 18 bis 27 Schachtruthen des gelösten Materials mit Leichtigkeit gebaggert.

Die Wirkung des Sprengens wäre am grössten gewesen, wenn man an der stromabwärts gekehrten Seite jeder Bank eine Reihe von Schüssen angezündet und alsdann sogleich die zerbrochenen Steine beseitigt hätte. Dieses liess sich aber nicht thun, denn man hätte dabei die Bagger-Maschine und den Spreng-Apparat zu oft auf- und abfahren müssen, und beide wären nicht in ununterbrochener Thätigkeit zu erhalten gewesen. Dieses war aber um so nöthiger, als man nur zwei Bagger-Maschinen hatte. Ausserdem durfte auch die bestehende kleine Schifffahrt auf der Severn nicht gehindert werden. Man konnte sonach die Ersparung an Schiesspulver, die wohl möglich gewesen wäre, nicht berücksichtigen, vielmehr musste ein solches Verfahren gewählt werden, welches die möglichste Beschleunigung der Arbeit erlaubte. Man entschloss sich daher, die Schüsse reihenweise nach der Länge des zu vertiefenden Kanales und zwar durch die ganze Ausdehnung jeder Felsbank in solchen Entfernungen anzulegen, welche erfahrungsmässig die vortheilhaftesten sein würden. Man machte den Anfang damit, die Löcher in Abständen von 6 Fuss zu bohren.

Die Rüstung zur Ausführung der Arbeiten bestand in zwei Flössen, deren jedes aus vier Balken von 40 Fuss Länge zusammengesetzt war, wie Fig. 233 auf Taf. LII zeigt. Auf jeder Seite eines Flosses lagen zwei Balken dicht neben einander und die beiden innern liessen zwischen sich einen freien Raum von 4 Fuss Breite. In Abständen von 6 Fuss waren diese Balken übergenagelt und auf diesen lag der Rüstboden, der aus dreizehn Bohlern bestand. Der mittlere Theil des Flosses blieb auf 12 Zoll Breite offen, so dass sich in der Axe ein hinreichend weiter Spalt bildete, worin die Arbeit bequem vorgenommen werden konnte.

Die Flösse waren an beiden Enden mit starken Ringbolzen fest, wodurch die an das eine Ufer befestigten Fangleinen gezogen waren: ausserdem wurden in gewissen Abständen Bäume gesetzt, um die Flösse in der passenden Entfernung vom Ufer zu halten. An dem stromaufwärts gekehrten Ende des obersten Flosses lag ein grosses Boot vor Anker, worin sich eine Feldwiede zur Instandsetzung der Werkzeuge befand. Ein starker Fichtbaum war weiter aufwärts am Ufer befestigt und lehnte schräg gegen dieses Boot, um die Flösse vor den stromwärts kommenden Fahrzeugen zu schützen. Unterhalb des letzten Flosses lag ein andres Boot, welches als Pulvermagazin eingerichtet war, und worin sich zugleich die zur Anfertigung der neuen erforderlichen sonstigen Materialien und Apparate befanden. An beiden Seiten war mit grossen Buchstaben die Aufschrift „Pulver-Magazin“ angebracht.

Die Arbeit wurde mit dem Einstellen und Befestigen der Linien, in welchen gebohrt werden sollte, begonnen. Am Ufer parallel zum Fahrwasser eine Reihe dünner mit Nummern bezeichneter Stäbe im Abstände von 6 Fuss von einander aufgestellt, und dahinter befand sich eine zweite Reihe solcher Stäbe, von der ersten so weit entfernt war, als der Abhang des Ufers erlaubte. Die Linien, welche durch zwei entsprechende Löcher in beiden Reihen gezogen waren, schnitten im rechten Winkel die Richtung des Fahrwassers. Ein Aufseher visirte über je zwei zusammengehörige Stäbe nach der Bohrröhre. Diese wurde von einem Arbeiter gehalten und auf ein gegebenes Zeichen durch die Oeffnung im Flosse auf den Grund gestellt. Sie wurde darauf sogleich durch eine Holzklammer an das Floss befestigt.

Die Bohrröhren waren auf besondere Bestellung für diesen Zweck in der Fabrik von James Russell und Söhne zu Wednesday aus Schmiedeeisen gezogen. Sie hielten gewöhnlich $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und nur wenn man mehr als 3 Pfund Pulver für den einzelnen Schuss gebrauchte, benutzte man vierzöllige Röhren. Ihre Länge betrug 9 Fuss und ihre Wandstärke $2\frac{1}{4}$ Zoll. Zwei Halsbänder von $\frac{1}{2}$ Quadratzoll Durchschnit waren zweimal auf die obern Enden geschoben, und hieran befestigte man eine Leine, wodurch sie bei der Explosion gehalten wurden,

War die Wassertiefe aber grösser, so konnte man die Röhre verlängern, indem ein Ansatzstück mit einer 6 Zoll langen Nuth darüber geschoben wurde.

Sobald eine Bohrröhre aufgestellt war, trieb man in den Kies, der auf dem Mergel lag, einige Zoll tief in den Kies hinein. Gemeinhin war der Kies so hoch abgelagert, dass er ihn zuerst durch Baggern entfernen musste. Um aber den inneren Rand der Röhre vor Beschädigungen zu sichern, wurde eine gusseiserne Hülse auf, und liess auf diese die Handkraft wirken. Demnächst wurde die Röhre von dem Sande und Kiese gereinigt, der beim Eintreiben hineingedrungen war. Zu diesem Zweck diente vorzugsweise der gewöhnliche Löffel (§. 11) bestehend aus einer cylindrischen Röhre von 2 Fuss Länge, mit welchem Durchmesser, dass er nur eben in die Bohrröhre hineinpasse. Unten war er mit einem recht weiten, nach oben abschlagenden Ventile versehen, und oben an eine Eisenstange mit einem halben Zoll Durchmesser genietet. Wenn dieser Löffel wie eine Pumpe bewegt wurde, so brachte man damit sehr leicht Alles heraus, was nur durch die Ventil-Oeffnung hindurch kam.

Bei jedem Bohrer waren drei Mann beschäftigt. Die Bohrer hatten einfache Stahlschneiden von etwas convexer Form, und waren 1½ Zoll breit, der Stiel, der gemeinhin 15 Fuss lang war, hielt 1½ Zoll im Durchmesser. Das Gewicht eines solchen Bohrers betrug 52 Pfund. Man arbeitete damit so lange, bis die fernere Bewegung durch den Bohrschlamm auffallend erschwert wurde. Alsdann setzte man einen nur wenig aufgeschliffenen Erdbohrer von 20 Zoll Länge in das Bohrloch, und zog dann die feine Steinmasse heraus.

Die Bohrlöcher waren so tief, dass sie zwei Fuss unter die beabsichtigte Sohle des Fahrwassers herabreichten. Diese grössere Tiefe war deshalb gewählt, weil jeder Schuss das Gestein in einem conischen Raume, und zwar wie man meinte, von pyramidenförmiger Form zerbricht und etwas hebt, und sonach zwischen vier Bohrlöchern eine Pyramide übrig bleibt, auf welche das Pflaster gar keine, oder doch nur eine geringe Wirkung ausübt. Diese Pyramiden ragten mit ihren Scheiteln noch etwas über die darzustellende Sohle vor, liessen sich aber, wie die Erfahrung auch wirklich zeigte, leicht durch die Baggermaschine beseitigen.

Der zweite Grund dafür war, dass man besorgte, der niedrige Merkwasserstand würde sich, nachdem die Untiefen entfernt, noch tiefer senken, als man angenommen hatte, und man dachte, dass der Mergel in diesem Falle schon hinreichend gelassen wäre, um ihn erforderlichen Falles ohne weiteres Sprengen mit der Baggermaschine noch tiefer ausheben zu können.

Die Patronen bestanden aus cylindrischen Säcken von Leinwand, und waren unten etwas zugespitzt. Sie wurden nach Angabe der Höhe des Mergels mit 2 bis 4 Pfund Pulver genommen, nämlich wenn die Bank 4 Fuss tief weggesprengt werden sollte, waren 2 Pfund und bei 5 Fuss 4 Pfund Pulver erforderlich.

In die Mitte des Pulvers wurde alsdann das Ende eines Fadens von Bickford's Patent-Zündfaden gesteckt, der Rand des Fadens sorgfältig heraufgezogen und mit einem feinen Bändchen gebunden. War die Patrone nur klein, so tauchte man sie in geschmolzenes Pech, das zum vierten Theile mit Talg versetzt war, sonst aber goss man dieselbe Mischung mit Löffeln darauf, bis sie den ganzen Sack gleichmässig überdeckte. War dies geschehen, so hing man die Patrone zum Erkalten und trocknete sie auf. Darauf wurde sie tüchtig mit Talg eingerieben, zuletzt mit feiner Kreide bestreut. Der Talg diente theils zur sichern Ausfüllung der feinen Risse im Pech, theils aber erleichterte er auch das Eindringen der Patrone in das Bohrloch: Kreide dagegen verhinderte das Ankleben des Peches.

Die Patent-Zündfäden werden immer in Längen von 6 Fuss angefertigt. Um Verluste zu vermeiden, schnitt man nicht früher ab, als bis die Patronen in das Bohrloch vollständig eingesetzt waren, und verbrauchte den Rest in gleicher Weise. Die kurzen zuletzt übrigbleibenden Enden hatten wenig Werth, da es viel Mühe machte, sie zusammenzusetzen: nur einmal sah man sich hierzu gezwungen, da der Vorrath an Zündfäden ausgegangen war. Es war aber mit dem Fabrikanten das Abkommen getroffen, dass er die kurzen Enden für den halben Werth wieder zurücknahm.

Die Patronen wurden mit hölzernen Ladestöcken von passender Dicke und unten abgerundet, vorsichtig in die Bohrlöcher gehoben. Dieselben Ladestöcke dienten auch zum Feststampfen des Besatzes. Das Material, welches sich am besten hierzu

eignete, waren die kleinen Stückchen des harten Mergels, die durch die Einwirkung der Luft von den höhern Ufern in See der Bänke gelöst hatten. Man schüttete sie in kleinen Quantitäten in die Bohrlöcher und stempfte sie an, bis die Bohrer ganz angefüllt waren.

Als dann wurden die hölzernen Klammern gelöst, welche die Bohrröhren gehalten hatten: letztere wurden etwas gelüftet und aus dem Mergel gezogen, zugleich aber mit Leinen an das Floss gebunden und die Zündfäden angebrannt. Gemeinhin erzielte sich die Explosion durch keine auffallende äussere Erscheinung zu erkennen: nur die Röhren wurden einige Zoll hoch gehoben, doch sprangen sie zuweilen auch mehrere Fuss in die Höhe und in einzelnen Fällen spritzte das in denselben befindliche Wasser 40 bis 50 Fuss hoch auf.

Alle Mannschaften gingen immer gleichzeitig das Bohren an und wurden auch gemeinhin gleichzeitig damit fertig, so dass alle Schüsse auf einmal angezündet werden konnten. Auf diese Weise wurden Unterbrechungen der Arbeit möglichst vermieden. Selten geschah es, dass Schüsse versagten: man kann annehmen, dass dieses unter hundert kaum bei einem der Fälle war. Die Veranlassung dazu lag alsdann gemeinhin darin, dass die Verbindung zwischen der Patrone und dem Zündfaden nicht geworden war. War das Wasser nicht tief eingedrungen, so konnte man häufig durch das folgende eigenthümliche Mittel den Schuss noch entzünden. Man hielt nämlich eine Eisenstange von $\frac{1}{2}$ Zoll Stärke und angemessener Länge, die an einem Ende etwas zugespitzt war, in Bereitschaft und sobald ein Schuss versagte (wobei jedoch der Zündfaden verbrannt war) so wurde diese Stange am Ende rothglühend gemacht, schnell durch das Wasser auf den Besatz gestossen und mit einem starken Schlag hindurchgetrieben. Beim Eindringen in das Pulver war sie fast jedesmal noch so heiss, dass sie dieses entzündete. Unter zehn Fällen gelang es wohl neunmal, auf diese Weise noch den Schuss zur Explosion zu bringen.

Da die eigentliche Wirkung des Schiessens sich nicht unmittelbar zu erkennen gab, so war eine sorgsame Prüfung nöthig, ob überall der beabsichtigte Erfolg erreicht sei. Nach jedem Schuss zündete, legte man an den entsprechenden Stab

Ufer ein rothes Fähnchen. Darauf wurde der Grund neben Bohrloche mit einem meisselförmig zugeschärften und gut versehenen Visitir-Eisen untersucht, und besonders geprüft, ob die Bohrung bis zu der erforderlichen Tiefe eingetreten war. Zeigte sich dieses, so liess man das Fähnchen oben an dem Stabe bleiben: es diente also zur Beglaubigung, dass die Untersuchung Zufriedenheit ausgefallen sei. Die Nummern, welche auf jeder Art beglaubigt waren, vermerkte man im Bau-Journal, und an einer Stelle die Sprengung nicht vollständig erfolgt war, wurde daselbst ein neuer Schuss eingebracht.

Damit die Arbeiter sich nicht gegenseitig behinderten, wurde ein Loch um das andere gebohrt und alsdann wurden die benachbarten nachgeholt. Sobald aber alle Schüsse einer Reihe geüßt waren, so schob man die sämmtlichen Flösse 6 bis 8 Weizen weiter in den Strom hinein, stellte hier wieder die Reihe der Bohrlöcher dar, und so fort, bis zum gegenüberliegenden Ufer des Fahrwassers. Als dann liess man die ganze Rüstung in die Länge der Flösse stromab treiben, und begann hier auf's Neue die Arbeit. Sobald die Leute eingeübt waren, bohrte jede Mannschaft bis vier Löcher an einem Tage und man konnte mit zehn Mannschaften, sonach täglich bis sechzig Schüsse ab-

Der Verfasser dieser Beschreibung besorgt, man werde vielleicht die Anwendung der Patent-Zündfäden tadeln, und meinen, die ganz gleichzeitige Entzündung einer grossen Anzahl Schüsse mittelst der galvanischen Batterie einen grossen Effect, und sonach mindere Kosten verursacht haben. Er sagt, dass er weder Anfangs dieser Ansicht gewesen, noch durch spätere Erfahrungen zu derselben gekommen. Wenn man in einem Steinbruche einen grossen Block, ohne ihn zu zerbrechen, vom Lager lösen wolle, so sei die gleichzeitige Explosion vieler Schüsse überaus wirksam, im vorliegenden Falle sei es aber im Gegentheil Bedingung gewesen, die Masse nicht viele Stücke zu zerbrechen, und dies werde, wie er sagt, vollständiger durch aufeinanderfolgende Explosionen, als durch eine gleichzeitige erreicht.

Er fügt hinzu, dass auch in Bezug auf die Kosten der Patent-Ideen vor der galvanischen Batterie den Vorzug verdiene.

Der mit Nr. 3 bezeichnete Patentzündfaden kostete für den 0,6 Pence (6 Pfennige) daher die durchschnittlich gezogene Länge von 15 Fuss nur 9 Pence ($7\frac{1}{2}$ Sgr.), wofür man die umsponnenen Drähte für die galvanische Leitung wieder stellen könne. Bei der Biegsamkeit der leinenen Patronen es auch schwer gewesen sein, die Drähte beim Einsetzen, und beim Feststampfen des Besatzes in ihrer passenden Stellung erhalten. Der Verfasser glaubt nach vielfachen Erfahrungen, nachdem er nahe an hundert tausend Fuss Patent-Zünd verbrannt, erklären zu müssen, dass dieses so sinnreich gestellte Fabrikat ihn allein in den Stand setzen konnte, die Arbeit so sicher zu vollenden.

Endlich werden noch die sonstigen Ausgaben angegeben. Die ganze Einrichtung des Apparates kostete mit Einschluß Unterhaltung während sechs Monaten 300 Pfund Sterling (3 Thaler). Hierin sind die Anschaffungskosten und der Verbleib von allem Holzwerk, die Miethe für die Böte, Ausrüstung des Bothen, die Kosten für Bohrröhren, für Eisen und Stahl zu den Bohren und Visitireisen, für Tauwerk u. dgl. begriffen.

Ueber 4000 Schüsse waren bereits gemacht, und in drei Monaten werden wenigstens 6000 gemacht werden, auf jeden einzelnen trifft sonach genau 1 Schilling (nahe 10 Sgr.). Die Einrichtung für jedes Bohrloch kostet mit Einschluß der Aufsicht und zugehörigen Untersuchungen, sowie des Tagelohns des Zimmermannes, des Schmiedes und der Feuerwerker $2\frac{1}{2}$ bis 4 Schilling (25 Sgr. bis 1 Thlr. 10 Sgr.). Der gewöhnliche Arbeiter aber täglich $2\frac{1}{2}$ bis $2\frac{3}{4}$ Schilling (25 bis 27 Sgr.).

Die Kosten für den einzelnen Schuss sind demnach:

Einrichtung und Unterhaltung des Apparates	10 Sgr.
Arbeitslohn durchschnittlich	32 „
Die leinene Patrone	2 „
3 Pfund Pulver zu $5\frac{1}{2}$ Pence	12 „
15 Fuss Zündfaden	7 „
Pech, Talg, Schnur, Kohlen u. dgl.	3 „

also im Ganzen 2 Thlr. 8 Sgr.

Da die einzelnen Schüsse 6 Fuss von einander entfernt waren, und durchschnittlich der Felsen in der Tiefe von

chen wurde, so löste jeder Schuss 4 Cubik-Yard (99 ss Preuss.) oder jeder Cubikfuss kostet nahe 8 Pfennige. In manchen sehr harten Bänken wurden die Schüsse in Abständen von 5 Fuss angebracht, an andern Stellen dagegen, wo das Gestein besonders weich war, in 7füssigem Abstände. Im letztern wurde dagegen die Entfernung von 6 Fuss angeordnet.

Whitford's Patent-Zündfaden besteht in einem sehr feinen aus Leinwand gewebten und mit Pech überzognen Schlauche aus Papier. Derselbe ist so dünn, dass das darin enthaltne Pulver einen feinen Faden bildet, und sonach nicht sowohl explodirt, sondern mehr nur nach und nach abbrennt. Pasley erwähnt, dass man beim Sprengen in der Tiefe von 8 Faden (48 Fuss) unter Wasser eine halbe Stunde vergeht, bevor der Schuss entzündet. Wenn dieser Umstand auch in sofern sehr günstig erscheint, als der Arbeiter, der den Zündfaden anbrennt, sich mit hinreichender Sicherheit jedesmal hinreichend entfernen kann, bevor die Explosion eintritt, so kann andererseits eben wegen dieses langen Brenndauer, namentlich bei lebhaftem Schiffsverkehr eine nachtheilige Störung desselben und sogar Gefahr herbeigeführt werden. Es kommt noch, dass man das Aufsteigen der Luftbläschen Anfangs deutlich wahrnimmt, dieses aber beinahe ganz aufhört, wenigstens aus der Ferne nicht mehr gesehen werden kann, wenn der Faden schon weit abgebrannt ist. Wenn sonach das Zündfaden zufällig erlischt, so bemerkt man dieses gar nicht, und muss wegen der Möglichkeit einer etwas spätern Explosion eine lange Zeit hindurch jede Annäherung vermeiden. Beim Aufheben des Besatzes in dem Bohrloche wird die Beschädigung des Zündfadens dadurch verhindert, dass er eine compacte Masse von hinreichender Widerstandsfähigkeit bildet, zugleich aber so weich ist, dass die scharfen Kanten der Steinstücke wohl in ihm hineingetrieben werden können, jedoch ihn weder zerreißen noch durchlöchern können. *)

Allgemein ist über die Wirkung der Explosion beim Felsensprengen noch zu erwähnen, dass gemeinhin durch einen einzelnen Schuss aus dem Gestein ein kegelförmiges Stück

ausgebrochen und zugleich vielfach zerrissen wird. Die Höhe dieses Kegels ist dem Abstände des Schusses von der Oberfläche gleich und seine Basis hat ungefähr jene Höhe zum Radius. Es kann indessen geschehn, dass der Schuss einer Seitenfläche des Felsens näher liegt, als der obern Fläche: alsdann erfolgt die Explosion auch nach der Seite, denn die Wirkung aussert sich jedesmal in derjenigen Richtung, wo der Abstand des Schusses von der äussern Fläche am kleinsten ist. Die erforderliche Pulvermenge ist ohne Zweifel von diesem Abstände abhängig: es fragt sich aber, ob sie der zweiten oder dritten Potenz desselben proportional sein muss. Kömme nur die Trennung des kegelförmigen Körpers von der übrigen Masse in Betracht, so wird die nöthige Kraft der zweiten Potenz entsprechen, dagegen bei der vollständigen Zertrümmerung des gelösten Kegels auch deren Hebung oder Bewegung auf eine Kraft schliessen, die der dritten Potenz dieses Abstandes proportional ist. Die Beobachtungen, die Bald in einem Steinbruche in Irland anstellte,^{*)} ergaben die That, dass die Pulvermenge der dritten Potenz der Entfernung des Schusses von der nächsten Oberfläche des Steines proportional sein muss, wenn man des Erfolges gewiss sein und desshalb mit der geringsten Pulvermenge die Sprengung ausführen will. Es erklärt sich hieraus eine Thatsache, die man mehrmals bestätigt gefunden hat, dass nämlich bei tiefem oder minder tiefen Bohrlöchern der ganze Bedarf an Pulver derselbe bleibt, und die gelösten Steinmasse immer proportional ist. Zum Sprengen einer gewissen Masse ist daher dieselbe Quantität Pulver erforderlich, mag man die Schüsse sogleich bis zur vollen Tiefe einsetzen oder zuerst die obere und dann die untere Hälfte des zu lösenden Gesteins absprengen. Für jeden einzelnen Schuss braucht man also im ersten Falle achtmal so viel Pulver als im letzten.

Hiernach entsteht die Frage, ob es in sonstiger Beziehung vortheilhafter sei, bei dem Sprengen einer hohen Felsbank erst und nach dünne Lagen zu lösen, oder dieselbe auf einmal in der ganzen erforderlichen Tiefe anzugreifen. Im ersten Falle muss man mehr Bohrlöcher darstellen, im zweiten müssen sie einen grössern Durchmesser erhalten. Das Letzte dürfte natürlich

^{*)} *Civil engineer and architects journal.* Vol. III. Seite 163.

Arbeiten unter Wasser viel leichter sein, da alle Vorbereitungen Bohren, so wie das Einbringen des Schusses und Besatzes weitere und engere Bohrlöcher gleich mühsam sind, und mit der Sorgfalt ausgeführt werden müssen. Dazu kommt aber, dass die Höhe jenes abbrechenden Kegels keineswegs der des Bohrloches, sondern nur dem Abstände der obern der Pulverbüchse von der Oberfläche der Felsbank gleich. Jedes einzelne Bohrloch muss sonach, mag es mehr oder tief ausgeführt werden, ausser jenem Verhältnisse noch die Höhe der Pulverbüchse verlängert werden. Hieraus ergibt sich wohl unbedingt, dass man die Sprengungs-Arbeiten unter Wasser am leichtesten und wohlfeilsten ausführt, wenn man die Felsbank mit einem Mal in der ganzen erforderlichen Tiefe sprengt.

Nach den wenigen bekannt gewordenen Erfahrungen über die erforderlichen Pulvermengen wird man, wenn Arbeiten dieser Art vorgenommen werden sollen, nicht erwarten dürfen, sogleich richtige Maass zu treffen. Es darf kaum erwähnt werden, dass bei dieser Unsicherheit immer vortheilhafter ist, etwas zu viel, als zu wenig Pulver zu gebrauchen, denn der Schuss ausgar keine Wirkung und die Kosten desselben sind ganz nutzlos, wenn er nicht kräftig genug ist, um die Festigkeit des Steines zu überwinden. Man kann indessen leicht verleitet werden, grössere Pulvermengen zu verbrauchen, als erforderlich sind, und die überflüssigen Mehrkosten beziehen sich in solchem Falle nicht allein auf das Pulver selbst, sondern die Bohrlöcher müssen auch weiter gebohrt werden, und sind zugleich etwas weniger mit dem Besatz zu versehen. Hiernach ist es gewiss ratsam, beim Beginne ausgedehnter Sprengungs-Arbeiten durch Versuche einen sichern Maassstab in Betreff der Pulvermenge sich zu bilden. Bei allen mechanischen Operationen lässt sich die Verschwendung an Kraft durch nutzlose und häufig durch nachtheilige Neben-Effecte zu erkennen. So geschieht auch hier. Wenn die gelösten Steine weit umher geschleudert werden, oder das Wasser darüber stark aufspritzt, so ist dieses ein Zeichen, dass man überflüssig grosse Pulvermengen benutzt hat. Der Besatz wird bei den meisten Sprengungs-Arbeiten, ob über, als unter Wasser aus Thon, der gemeinhin mit Kies gemischt ist, gen., Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

oder Ziegelstückchen versetzt ist, oder auch aus feinen und scharfen Steinbrocken, jedoch von einer weichen Steinart gehend und zwar stampft man diese Körper mit einem Ladestücke in das Bohrloch ein, damit sie beim Stosse des Pulvers nicht weggerissen herausfliegen, sondern durch die Reibung hinreichend festgehalten werden. Dieses Feststampfen ist aber theils mühsam und theils gefährlich, namentlich kann der Zündfaden, wenn er schon trocken eingesetzt ist, leicht beschädigt werden. Man hat vielfach versucht, einen solchen festen Besatz durch eine lose Schüttung von trockenem Sande zu ersetzen, und es leidet keinen Zweifel, dass dieselbe bei Arbeiten über Wasser ganz brauchbar ist, wenn allerdings auch grössere Quantitäten und vielleicht die doppelten Pulvermengen hierbei erforderlich werden. Bei der Schiffbauung des Jumna, eines Nebenflusses des Ganges, wurde bei der Beschleunigung der Arbeit die Sandschüttung auch beim Sprengen unter Wasser angewendet. Es kam nämlich nur darauf an, die kurze Dauer des niedrigen Wasserstandes möglichst vortheilhaft zu benutzen, und alle Arbeiten zu vermeiden, die besondere Geschicklichkeit oder Uebung und Vorsicht erforderten. Arbeitsleute zum Bohren waren reichlich vorhanden, woher die etwas grössere Weite und Tiefe jedes Bohrloches nicht in Betracht kam, und der Mehrbedarf an Pulver durfte nicht beachtet werden. Unter diesen Umständen entschloss man sich zur Wahl des Sandbesatzes und zwar enthielt die Patrone selbst, die zum dritten Theile mit Pulver angefüllt war, schon den feinen trocknen Sand. Sie war 2½ Fuss lang, 2 Zoll dick und nur dadurch wasserdicht gemacht, dass man sie reichlich mit Fett eingerieben hatte. Diese Vorrichtung genügte auch, da jedesmal unmittelbar nach dem Einsetzen der Patrone der Zündfaden angezündet wurde und sonach schon an diesem Grunde keine starke Benetzung eintreten konnte. Es dürfte indessen zweifelhaft erscheinen, ob bei diesem Verfahren der Feuersatz wirklich noch gesprengt, und nicht vielmehr der Sand wie aus dem Bohrloche herausgeschossen worden sei, wie das Schiesspulver aus einer Flinte. Hierbei muss jedoch daran erinnert werden, dass schon bei manchen oben erwähnten Sprengungs-Methoden dieselbe Besorgniss gleichfalls angeregt wird, während es geradezu sicher ist, dass die Methode wirklich zum Ziele führte. Aus den ferneren Mittheilungen über die in Ost-Indien ausgeführten Ar-

ergiebt sich aber auch sehr deutlich der ganze Zusammen-
hang. Man hatte nämlich auch in Delhi in demselben Gestein
stehende Sprengungen vorgenommen, die jedoch im Trocknen
geführt wurden, und wobei man den gewöhnlichen Lehmbesatz
benutzte. Eine Vergleichung beider Arbeiten ergab, dass der
Besatz aus Sand durchschnittlich dreimal so viel Pulver erforderte,
als der letzte. *) Die Erscheinung schliesst sich also an die
frühere Erfahrung an, dass man auch Feuegewehre leicht spreng-
en kann, wenn man sie übermässig stark ladet.

Eine andere an Feuegewehren gemachte Erfahrung hat aus-
serdem den Vorschlag veranlasst, die bisher beschriebene Spreng-
methode etwas zu verändern. Man hat nämlich vielfach
festgestellt, dass Büchsen und selbst Geschütze leicht springen, wenn
der Pfropf nicht unmittelbar auf der Pulverladung ruht, und vielmehr
eine bedeutende Luftmasse zwischen beiden sich befindet. Die
Ursache dieser Erscheinung kann man wohl nur darin suchen,
dass der Pfropf beim ersten Beginne der Explosion noch nicht in
Bewegung kommt, und die Reibung, welche ihn an der Stelle
wo er eingesetzt ist, erst überwunden wird, nachdem sich
eine grosse Quantität stark gespannten Gases erzeugt hat,
welche mit Heftigkeit gegen die Seitenwände drückt, und zwar in
einer grösseren Länge des Bohrloches, als wenn der Pfropf un-
mittelbar auf dem Pulver aufstände. Es scheint in der That,
dass eine solche Anordnung des Schusses beim Steinsprengen
schädlich sein müsste. Entscheidende Versuche sind hierüber,
wie bekannt, noch nicht angestellt worden, wiewohl bei der letz-
ten Sprengung am Binger-Loche allerdings in dieser Weise schon
versucht worden ist. Ausserdem darf man nicht übersehen, dass in die-
sem Falle das Bohrloch entweder eine grössere Länge erhalten,
oder der Besatz weniger hoch werden muss und sonach in ande-
rer Beziehung eine Verminderung der Wirkung eintreten kann.
Schliesslich erwähne ich noch, dass das Volum des Gases,
welches sich beim Entzünden des Pulvers entwickelt, nach-
dem es abgekühlt ist, 244mal, und in der ursprünglichen Tem-
peratur sogar 1000mal so gross ist, als das des Pulvers. Wenn
man also annehmen dürfte, dass der Pfropf oder der Besatz wäh-

rend der ganzen Dauer der Explosion nicht nachgab (was dessen wohl niemals geschieht), so würden die Steinwände des Pulverraums einen Druck von tausend Atmosphären ertragen. Unter derselben Voraussetzung bliebe aber der Gesamtdruck gegen die Seitenwände des Bohrloches immer derselbe, und auch der freie Zwischenraum zwischen der Pulverbüchse und dem Besatz angenommen wäre.

Die Entzündung der Schüsse unter Wasser war bis vor wenigen Jahren in England gewöhnlich in der Weise, dass man auf die Blechbüchse, die den Schuss enthielt, eine Zündröhre löthete, die bis über Wasser reichte, aber weder mit Loth gefüllt war, noch auch einen Zündfaden enthielt, sondern leer blieb. Durch diese Röhre liess man ein Stückchen glühendes Eisen auf das Pulver herabfallen, wodurch sogleich die Explosion bewirkt wurde. Diese Methode war besonders bei Anwendung der Taucherglocke sehr bequem. Das Bohren des Felsen, sowie das Einsetzen des Schusses und das Aufheben des Besatzes erfolgte alsdann in gleicher Weise und fast so leicht, als an freier Luft. Die Zündröhre, aus Weissblech bestehend, ragte aus dem Bohrloche heraus und ihre Mündung blieb frei in der Taucherglocke. Bevor die Taucherglocke herabgelassen wurde, schraubte man ein Ansatzstück an die Röhre, und wiederholte sich so oft, bis endlich die Röhre über die Oberfläche des Wassers trat. Zu diesem Zweck war jeder Theil der Röhre sowohl oben wie unten, mit einem aufgelötheten Schraubengewinde aus Messing versehen. Nachdem die Glocke beseitigt war, brachte man mit einem Boote an die Mündung der Röhre, befestigte eine schwache Leine daran, um sie bei andern Schüssen benutzen zu können, und warf das glühende Eisenstück hinein. Die Explosion war über dem Wasser, wenn dieser 12 Fuss oder mehr betrug, kaum zu bemerken. Die Röhre wurde aber jedesmal dicht über dem Bohrloche ab, und wurde in die Höhe geworfen, ohne jedoch im übrigen Theile ihrer Länge beschädigt zu werden. Man konnte daher alle Ansatzstücke selbst das untere Schraubengewinde bei fernern Sprengungen wieder gebrauchen.

In neuester Zeit pflegt man in England bei Sprengungen in grösserer Tiefe den galvanischen Strom zu

des Pulvers zu benutzen. Es ist bekannt, dass ein dünn- oder Eisendraht in der geschlossenen Kette einer kräftigen Säule glühend wird, und leicht entzündbare Körper, die er in Brand setzt. Auf dieser Erscheinung beruht das neuere Verfahren. Die Pulverbüchse ist ausser der Oeffnung zum Füllen nur an einem Ende und zwar am obern Ende versehen. Letztere wird mittelst eines Korkes geschlossen. Bevor der Kork aber eingesetzt wird, steckt man die beiden gehörig zubereiteten Kupferdrähte hindurch, so dass ihre Enden beim späteren Einsetzen des Drahtes ungefähr in die Mitte der Büchse treffen. Man beseitigt an beiden Enden die Bekleidung der Drähte und befestigt an beide mehrmaliges Umwinden einen recht feinen Stahldraht. Alsdann steckt man den Kork in die Oeffnung, und überzieht ihn, damit er vollkommen wasserdicht schliesse, mit Wachs oder Siegellack, die beiden äussern Drähte werden aber schwach um einander gewunden, damit sie um so leichter zu handhaben sind. Man füllt hierauf die Büchse mit Pulver an, bringt sie mittelst einer Ueherzuglocke oder auf andere Weise in das Bohrloch, und schliesst letzteres in gewöhnlicher Art mit dem Besatze, wobei die Drähte sorgfältig vor Beschädigung gesichert werden müssen, denn wenn der Ueberzug, der sie isolirt, an einer Stelle zerbrochen wäre und die metallische Oberfläche mit dem Wasser in Berührung käme, so würde der galvanische Strom schon das letztere treten, ohne den feinen Draht in der Büchse zu führen.

Die erwähnte Zurichtung der Kupferdrähte geschieht, indem man sie mit feiner Baumwolle bespinnt in ähnlicher Weise wie zur Darstellung der Stengel für künstliche Blumen geschieht: man überzieht aber die Drähte mit einer Auflösung von Kautschuk. Auf diese Weise wird die Isolirung so vollständig, dass die Drähte sogar um einander gewunden werden können, ohne dass ein galvanischer Strom aus dem einen in den andern übergehen kann. Die beiden Enden werden, nachdem Alles vorbereitet ist, einem Boote mit den beiden Polen einer kräftigen galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt, und die Explosion erfolgt unmittelbar darauf.

Der Vorzug dieses Verfahrens beruht darauf, dass man, wenn es nöthig ist, mehrere und sogar eine ganze Reihe von Schüssen

genau gleichzeitig anzünden kann. Man darf zu diesem Zweck nur die Drähte, welche die Kette bilden, durch die sämtlichen Pulverbüchsen hindurchführen und in jeder einzelnen die Stahldrähte einsetzen. Ein anderer Vortheil dieser Methode ist namentlich bei sehr bedeutenden Ladungen in Betracht kommen, dass man die Entzündung aus weiter Entfernung bewirken kann, und sonach die hiermit beschäftigten Personen von den etwa umhergeworfenen Felsstücken und andern Gegenständen so wie auch vor den aufwallenden Wassermassen sichern kann.

Man hat bei dieser Anwendung des galvanischen Stroms in gleicher Weise wie bei den Telegraphen versucht, anstatt den Leitungsdraht zu benutzen, und den andern durch das Wasser selbst zu ersetzen. Auch hierbei ist die Entzündung nicht nichts desto weniger, wie es scheint, doch minder sicher, als bei Anwendung zweier Drähte.

Das Sprengen unter Wasser hat nicht immer die Absicht, die vorragenden Theile von Felsbänken oder die zerklüfteten grossen Geschiebe zum Zweck, es ist mehrfach auch zur Rettung von gesunkenen Schiffen benutzt. In vielen andern gehörigen Fällen brach man nur das Deck auf, um die Leuchtglocke in den Schiffsraum herablassen und die Ladung ausbringen zu können, wodurch zuweilen auch die Hebung des Wrackes möglich wurde. Andererseits hat man aber auch mit günstigem Erfolge den Versuch gemacht, Schiffswracke, die im Fahrwasser lagen und deren Fortschaffung auf andere Weise nicht möglich war, hierdurch vollends zu zertrümmern.

In der letzten Beziehung sind besonders die Arbeiten zu erwähnen, welche der Oberst Pasley mehrere Jahre hindurch ausführte, um das Wrack auf Spithead oder auf der Rhee de von Portsmouth zu beseitigen. Das Linienschiff Royal George war 1782 hier gesunken. Von den neunzig Kanonen, die es führte, brachte man in demselben Jahre funfzehn heraus und zwar mittelst der Taucher. Im folgenden Jahre versuchte man das Wrack zu heben, aber mit so wenig Erfolg, dass das Lichterschiff, welches hierzu benutzt wurde, gleichfalls versank, und bis auf die neueste Zeit neben dem Royal George lag. Beide Schiffe waren in solch einem Wasser gesunken, dass auch die grössten Schiffe darüber hinweg konnten, ohne sie im entferntesten zu berühren, nichts da

war dadurch der Ankergrund verdorben, und in dieser Beziehung versuchte man in neuester Zeit wieder die Wracke zu heben. Die Rheede Spithead zwischen Portsmouth und der Wight gelegen, ist namentlich für die Kriegsflotte von der ersten Wichtigkeit. Der Französischen Küste gegenüber bietet einen sichern Zufluchtsort, der immer um so leichter zu erreichen ist, als die Schiffe sowohl westlich als östlich von der Rheede einlaufen, und eben so leicht bei allen Winden wieder auslaufen können. Der Ankergrund ist gleichfalls von der besten Beschaffenheit, aber um so nöthiger war es, die Wracke zu heben, worin sich die Ankertaue häufig verfangen, und dadurch nicht nur das Lichten der Anker erschwerten, sondern auch die andern Schiffe selbst in Gefahr brachten.

1834 und in den folgenden Jahren versuchte man mit Anwendung recht zweckmässiger Taucher-Apparate das Wrack allmählig zu lösen und auszuwinden. Da es jedoch mit Schlamm gefüllt war, so gelang dieses nur in unbedeutendem Maasse, der ganze Erfolg der damaligen Arbeiten beschränkte sich theils auf die Heraushebung von acht und zwanzig Kanonen. 1839 übernahm der Oberst Pasley die Leitung und obgleich mehrere Kanonen gehoben wurden, so richtete er doch hauptsächlich vorzugsweise auf die Beseitigung des Wrackes. Dasselbe war indessen noch fest verbunden, woher die Heraushebung der einzelnen Stücke bei Anwendung der gewöhnlichen Tauchermittel sehr langsam von Statten ging. Aus diesem Grunde wurden Sprengungs-Arbeiten versucht und grosse Quantitäten Pulver neben dem Wracke entzündet. Von der Wirksamkeit dieser Mittel hatte sich Pasley schon vorher durch manche Versuche überzeugt, und namentlich war es ihm gelungen, dadurch einige Bojen, die in der Mündung der Themse versunken waren, und das Fahrwasser zum Theil sperrten, sehr schnell fortzuschaffen. Im August 1839 wurden einige Schüsse von 45 Pfund Pulver abgefeuert, doch bemerkte man bald, dass nur von einer viel kräftigeren Schütterung des Wassers der beabsichtigte Erfolg und namentlich die Fortspülung des Schlammes zu erwarten sei, der das Wrack bedeckte. Es wurde daher eine stärkere Ladung von 100 Pfund versucht. Die Wassertiefe darüber betrug 14 Faden (100 Fuss). Bei der Explosion empfand man auf den Lichter-

fahrzeugen in der Nähe einen Stoss, dem eines starken bebens nicht unähnlich, doch erst zwei Sekunden später brach eine Luftmasse in einem Raume von 40 bis 50 Fuss Durchmesser hervor. Eine starke Erhebung des Wassers zeigte sich auch der Wellenschlag war nicht bedeutend, aber die Schaummasse wurde bald durch das nachfolgende schwarze Wasser verdrängt, welches durch den aufgelösten Schlamm gefärbt war.

Im folgenden Monat versuchte man eine noch viel grössere Ladung. Ein Cylinder, der 2326 Pfund Pulver enthielt, wurde an derjenigen Stelle, wo das Wrack, soweit man bemerken konnte, am festesten zusammenhielt, herabgebracht. Zu diesem Ende mussten die Taucher zuerst starke Bolzen im Boden des Wracks befestigen, hieran wurden Blöcke eingehakt, und mittelst dieser die grosse Pulverbüchse herabgezogen. Das Fahrzeug, worin eine galvanische Batterie sich befand, lag 500 Fuss entfernt. Augenblicke der Explosion gerieth die vorher ganz ruhige Oberfläche in zitternde Bewegung und wurde mit unregelmässigen Wellen bedeckt, die jedoch nur wenige Zolle hoch waren. Die Erscheinung dauerte 3 oder 4 Sekunden, dann erhob sich die Oberfläche des Meeres in anscheinend ganz compakter Masse ein grosser Dom, der anfangs langsam, bald aber mit zunehmender Geschwindigkeit aufstieg, sich oben ausbreitete, und wenn er 28 bis 30 Fuss gestiegen war, zurückfiel, worauf ein heftiger Wellenschlag entstand. Die Erschütterung, welche man im Augenblicke der Explosion auf den in der Nähe liegenden Felsen fühlte, war nur unbedeutend, auch durch das Gehör gab die Explosion viel schwächer zu erkennen, als man erwartete.

Von der Wirkung dieses Versuches konnte man sich erst viel später überzeugen, da die inzwischen eintretende Stille die Witterung dieses anfangs verhinderte. Der Erfolg war aber bei der im nächsten Sommer vorgenommenen Prüfung aus günstig, indem der Zusammenhang des Wracks aufgehoben war, und eine grosse Menge Holz herausgehoben werden konnte.

Im Juni 1840 wurde wieder eine ähnliche Sprengung versucht, doch diesmal nicht im Schiffsraume, sondern an demselben und zwar am Hintertheile. Der Taucher befand

der, der 2116 Pfund Pulver enthielt, an einem der Haken, an das Ruder gehangen hatte, und zwar etwa 8 Fuss über Kiel. Die Wirkung des Schusses war diesmal von dem Vorn wesentlich verschieden und ohne Zweifel rührte dieses her, dass die Explosion nicht im eingeschlossenen Raume, Vorn im freien Wasser erfolgte. Der Wasserberg hob sich halb so hoch, als im vorigen Jahre, aber die Wellenbewegung so heftig, dass alle in der Nähe liegenden Schiffe wie in dem Wasser nach einem heftigen Sturme zu rollen (seitwärts schwanken) angingen. Eine Menge todtter Fische bedeckte Oberfläche und mit diesen schwammen zahllose Talglichte und Butterfässer umher: ein Beweis, dass die Wand der Vorkammer durchbrochen war.

Die Reste des Hintertheiles vom Schiffe konnten hierauf leicht gehoben werden: aber vorn steckte noch eine Masse Inhölzer dem Grunde hervor, und die Beseitigung derselben war unmöglich, so lange der thonige Niederschlag das Wrack überdeckte und füllte. Nach einer sorgfältigen Untersuchung des ganzen Wrackes und der Erdschicht, die dasselbe bedeckte, entschloss man sich im August 1840 zu diesem Zwecke noch eine ungefähr ebenso starke Pulverladung im vordern Raume, etwa unter der Stelle, wo der Wachtposten für das Vorder-Deck steht, explodiren zu lassen. Der Cylinder wurde diesmal mit 25 Parrels (Preussischen Scheffeln) oder 2250 Pfund (nahe 20 Preussische Centner) Pulver gefüllt und an der erwähnten Stelle befestigt. Dem schönen Wetter hatte eine grosse Menge von Zuschauern beigefunden, die in Segel- und Ruderböten im Umkreise von mehreren englischen Meilen das Wrack dicht umgaben. Im Augenblicke der Explosion erbehte das Meer, wie eine feste Masse: 1 Sekunden später sprang ein Wasserberg etwa 20 Fuss hoch.

Darauf erfolgte ein zweiter Stoss und eine mächtige Wasserpylamide erhob sich nach den verschiedenen Messungen 80 bis 100 Fuss hoch und zerstob in der Luft, so dass rings um bis über 100 Yards (300 Fuss) Entfernung ein förmlicher Wassersturz entstand, und alle Zuschauer, die sämmtlich noch weiter zurückgewiesen waren, wurden durchnässt, wie bei einem heftigen Gewitter-Regen. Die spätere Untersuchung zeigte in der That, dass der Erfolg der Erwartung entsprochen hatte, denn der

thonige Niederschlag war durch die Explosion vollständig ausgetrieben, oder doch so gelöst, dass der Fluthstrom ihn spülen konnte. Zugleich war das Wrack hinreichend zerlegt, um alle noch vorragende Theile desselben lösen und heben zu können.

In der vorstehenden Beschreibung, die ich aus verschiedenen Mittheilungen in Englischen Zeitschriften und selbst aus Aufhebungsnachrichten entnommen habe, sind nur die grösseren Aufhebungs-Versuche an diesem Schiffe erwähnt. Ausserdem sind noch vielfach einzelne Theile des Wracks, die man lösen konnte, durch schwächere Schüsse abgebrochen. Die Taucher gingen dabei nicht in der Glocke herab, sondern benutzten andere Apparate, von denen im Folgenden die Rede sein soll. Sie suchten nicht nur das Wrack um die Sohle des Meeres, sondern mussten auch die Tauen um die einzelnen Verbandstücke des Schiffes schlingen und festknüpfen, damit dieselben gehoben werden konnten. Sehr vortheilhaft zeigte sich hierbei wieder die hohle Nadel, die schon früher (§. 92) beschrieben ist. In derselben konnte man sogar Verbandstücke, die ganz im Sand steckten, gehörig fassen und anbinden, nachdem ihre Lage durch Visiur-Eisen ermittelt war. Im Jahre 1841 hatte man von dem George, sowie auch von dem daneben gesunkenen Lichte zeuge bereits 18,000 Cubikfuss Holz gehoben. Die Arbeit ist indessen damals noch nicht beendigt, sondern ist noch im Fortgesetzt. Gegenwärtig ist jede Spur des Wracks vom Grunde des Meeres verschwunden, wenigstens ragt kein Stück mehr darüber hervor, und sonach ist der Ankergrund wieder vollständig gereinigt.

§. 94.

Taucher-Apparate.

Der Mensch besitzt nicht die Fähigkeit, die im Wasser befindliche Luft aufzusaugen, wie die Fische dieses mittelst Kiemen thun: er kann daher ohne Benutzung besonderer Apparate nicht länger unter Wasser bleiben, als die in der Luft befindliche Luftmenge ausreicht. Sobald diese erschöpft ist, der zur Erhaltung des Lebens nothwendige Athmungs-

und der Mensch erstickt. Der geübte Taucher, der sich, er herabsinkt, mit einem reichen Vorrathe von Luft versehen und denselben möglichst vorsichtig verwendet, kann leicht eine Minute unter Wasser bleiben, bei grosser Uebung auch bis zwei Minuten. Die Ansammlung einer bedeutenden Menge Luft in der Lunge wird aber dadurch sehr erschwert, der Druck des Wassers schon in mässiger Tiefe den Körper stark zusammenpresst und eine grosse Anstrengung der Muskeln erforderlich wird, um die Luft zurückzuhalten. Das tiefe Tauchen bis zu grosser Tiefe ist aber auch für die Gesundheit nachtheilig. Dieses giebt sich besonders beim Perlen-Tauchen zu erkennen, indem die dabei beschäftigten Taucher bald zu erkranken pflegen und frühzeitig sterben. Dieselben bleiben einmal einige Minuten unter Wasser und um die Dauer der Tauchung möglichst abzukürzen, binden sie einen 20 bis 30 Pfund schweren Stein an die Füsse, wodurch die Tiefe, die gehen etwa 10 Faden beträgt, um so schneller erreicht wird. versehen sich auch noch mit einer Art von äussern Luftmatte, indem sie einen mit Oel gedrückten Schwamm an den Arm anheften und diesen zuweilen an den Mund halten, um die darin enthaltene Luft einzusaugen. Sobald sie aber den Mangel an frischer Luft nicht länger ertragen können, so lösen sie schnell den Stein von ihren Füssen und schütteln die Leine, welche ihnen den Leib gebunden ist, worauf sie sogleich in die Höhe gezogen werden.

Bei der Ausführung von Wasserbauten, und namentlich beim Abtragen von Gegenständen, die auf dem Grunde liegen, ist es sehr wichtig, unter den Arbeitern einen Mann zu haben, der die Kunst des Tauchens versteht und wenigstens eine Minute unter Wasser bleiben kann. Eine solche kurze Zeit genügt ihnen keineswegs zum Beiseitigen oder Befestigen mancher Gegenstände, und noch weniger um einzelne Theile derselben zu repariren oder andre Verrichtungen auszuführen, die besondere Kraftanstrengung oder Sachkenntniss und Vorsicht erfordern. Es ergibt sich hieraus, welche ausserordentliche Vortheile solche Apparate haben, mittelst deren man den Aufenthalt in der Tiefe ohne Nachtheil für die Gesundheit, und sogar mit möglichster Abkürzung jeder Unbequemlichkeit beliebig ausdehnen kann, die

also eben sowohl von dem aufsichtsführenden Baumeister als auch von Maurern, Steinhauern und jedesmal von den Arbeitern benutzt werden können, welche in den vorkommenden Verrichtungen die meiste Uebung und Geschicklichkeit besitzen.

Diese Aufgabe ist in neuester Zeit so vollständig, dass man fast alle Arbeiten in jeder beliebigen Tiefe unter Wasser beinahe eben so bequem, wie in freier Luft ausführen kann. Das Tauchen und zwar besonders in der Glocke ist aber sehr gefährlich oder unangenehm, dass in dem *Polytechnical Institute* in London jeden Abend mehrere Herren und oft selbst Frauen aus Neugierde in die Taucherglocke steigen, und etwa viertel-Stunde lang 12 Fuss unter Wasser bleiben. Der Taucherhelm verschne Diener springt aber jedesmal in die Glocke und zeigt seine Geschicklichkeit im Wiederfinden der Gegenstände, sobald man einen Six-Pence hinein geworfen hat.

Die Taucher-Apparate bestehen in starken luftdichten Kammern, die entweder nur den Kopf des Tauchers umschliessen und nach seine Arme und Füsse ganz frei lassen, oder die so gross sind, dass sie nicht nur den ganzen Körper umgeben, sondern sogar mehrere Personen aufnehmen, welchen also die Freiheit geboten wird gemeinschaftlich eine Arbeit auszuführen. Im ersten Falle heisst der Apparat Taucherhelm, im zweiten Taucherglocke. Für die Beseitigung der ausgethaemten Luft die Einführung reiner atmosphärischer Luft muss aber je nach der Grösse Sorge getragen werden, weil der Raum nicht gross genug ist, um das nöthige Quantum zu enthalten. Nach Halley's Berechnungen bedarf der Mensch in der Minute ungefähr 1 Gallon d. h. in nahe 7 Minuten 1 Cubikfuss. Wenn aber die ausgethaemte Luft wieder in denselben Raum zurückgestosst wird, so kann man nur so lange noch nothdürftig darin athmen, bis die Luft zur Hälfte rein ist. Hiernach genügt ein Luftapparat mit 1 Cubikfuss Inhalt nur für etwa 3 Minuten. Andre Beobachtungen haben ergeben, dass in einer Glocke von 1 Ton oder 95 Fuss Inhalt nur während einer Stunde ohne besondere Beihilfe eine Person aushalten konnte, wenn die Luft darin nicht erneuert wurde.

Die Benutzung des Taucherhelms ist jedenfalls weniger umständlich, als die der Glocke, und erfordert zuweilen

we Vorbereitung. Ueberdies ist der damit versehene Taucher auf einen geringen Raum beschränkt, sondern kann frei auf Grunde des Meeres herumgehen, verlorene Gegenstände aufheben, dieselben lösen und befestigen, und sogar in die Schiffs- wände eindringen. Aus diesem Grunde wird der Helm in allen Fällen gebraucht, wo dergleichen freie Bewegungen erforderlich sind, während die Benutzung der Glocke sich auf solche Arbeiten beschränkt, die an einer bestimmten eng begrenzten Stelle vorzunehmen werden. Letztere gewährt alsdann aber den grossen Vortheil, dass die Arbeiter in der gewöhnlichen Kleidung und immer in dem luftgefüllten Raume bleiben, sich also viel leichter bewegen und weit mehr leisten können. Der mit dem Helme versehene Taucher athmet eine Luft ein, die nicht stärker als das Wasser gespannt ist: dieselbe Spannung bleibt daher auch während seines Körpers und seine Glieder, welche nicht vom Helme umschlossen sind, erleiden den vollen Druck des Wassers, welcher der Tiefe der Eintauchung entspricht. Schon bei der Tiefe von etwa 20 Fuss ist dieser Druck so stark, dass die Circulation des Blutes erschwert wird, und die Glieder in Kurzem taub werden. Will man den Taucherhelm auf grössere Tiefen verwenden, so bleibt nichts anders übrig, als den ganzen Körper mit Ausnahme der Hände zu bepanzern, um den Wasserdruck auf allen Gliedern abzuhalten, namentlich muss man aber schwere Stiefel anwenden, weil die Füsse am meisten zu leiden haben.

Mehrere Taucher-Apparate ähnlich den Taucherhelmen beschreibt Leopold, *) er theilt auch eine Kupfertafel aus einer 1511 in Erfurt erschienenen Uebersetzung des Flavius Renatus Vegetius mit, worauf ein Mann in einer Kleidung dargestellt ist, die ihn ganz umgiebt, und über dem Kopfe in einen Schlauch ausläuft, dessen Mündung mittelst einer angebundenen Blase über Wasser gehalten wird. Diese Anordnung stimmt schon wesentlich mit dem Taucherhelme überein. Leopold erwähnt ferner, dass 1715 ein gewisser Becker mittelst eines Apparates, der dem später zu beschreibenden Klingertschen sehr ähnlich war, in die Themse in London tauchte und eine Stunde unter Wasser blieb. Zwei

*) *Theatrum pontificale*. Leipzig 1726.

Jahre später soll derselbe Apparat auch in Hannover von einem Taucher versucht sein. Lorini beschreibt einen Apparat, welcher ebenfalls mit Luströhren versehen war, wobei der Taucher auf einem Stuhle sitzend herabgelassen wurde.

Andere Apparate, die man nicht Taucherhelme nennen kann, sind gleichfalls schon seit langer Zeit versucht oder wenigstens erfunden worden. Borelli's Erfindung, den Taucher mit einer zu comprimirenden Luftblase und mit Schwimmschüssen zu versehen, ist wohl zu abentheuerlich, als dass die Beschreibung wiederholt werden dürfte. Rove's Taucherkasten soll^{*)} dagegen im Jahre 1753 wirklich ausgeführt sein. Derselbe bestand aus einer grossen etwas gekrümmten Röhre aus Kupferblech, die so lang und weit war, dass ein Mensch darin liegen konnte. Auf der untern Seite waren zwei Aermel von Leder befestigt, welche der Taucher die Arme steckte und sonach ausserhalb des Kastens Gegenstände fassen konnte, während eingesetzte Glasscheiben ihn die nächsten Umgebungen erkennen liessen. Die eingeschlossene Luft, die nicht erneuert wurde, war hinreichend, um während einer halben Stunde das Athmen zu gestatten.

Besonders wichtig ist der Klingertsche Taucher-Apparat. Der Erfinder sägte 1797 zum Beweise der Brauchbarkeit desselben am Bette der Oder bei Breslau einen starken Stamm durch und stellte manche andere Proben damit an. Der Apparat ist später vielfach angewendet und verdient wegen seiner sinnreichen Anordnung speciell beschrieben zu werden. Er wird mit einigen Aenderungen auch in neuester Zeit noch benutzt. Fig. 234 Taf. LIII. stellt ihn dar. Er besteht in einem starken Cylinder aus Kupferblech, der oben durch einen Kugelsegment geschlossen ist. Dieses Stück bedeckt den Kopf des Tauchers und ruht mit einem breiten Rande auf dessen Schultern. Ein zweiter ähnlicher Cylinder, der den Körper des Tauchers zwischen den Armen und den Hüften bedeckt, hat denselben Durchmesser wie der obere. Beide sind durch einen eben so weiten wasserdichten Schlauch aus Leder verbunden, der mit Aermeln ver-

^{*)} *Edinburgh Encyclopaedia*. Vol. VIII. Aus den Art. Diving und Diving Bell sind verschiedene Mittheilungen hier genommen.

Letztere werden mittelst breiter Riemen fest auf die Arme angedrückt und dadurch wasserdicht geschlossen. Dieser Schlauch sowohl oben als unten über die kupfernen Cylinder gestreift, Knöpfe befestigt und mittelst eiserner Zugbänder, die mit Nieten versehen sind, wasserdicht angeschlossen. Den Untertheil des Körpers bedeckt eine lederne Hose, die wieder über dem Cylinder gestreift und an demselben mit Knöpfen und einem Riemenbande, so wie auch an den Schenkeln des Tauchers mit Riemen befestigt wird.

Zum Ab- und Zuführen der Luft dienen ferner zwei dünne verdichtete Lederschläuche von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, die durch spiralförmig gewundene Drähte offen gehalten werden. Der eine mündet unmittelbar in den Helm, dieser führt die frische Luft zum Taucher. Der andre ist mit einem Mundstücke aus Elfenbein versehen und der Taucher muss hier die auszuathmende Luft hineinstecken. Beide reichen bis über die Oberfläche des Wassers und sind durch anzuschraubende Ansatzstücke jedesmal, soweit es nöthig ist, verlängert. Ausserdem befindet sich in jeder Röhre eine kleine Metallbüchse, welche das etwa eindringende Wasser aufnimmt und dadurch ein Verstopfen der Röhre verhindert. Diese Büchsen sind am Gürtel befestigt.

Vor den Augen des Tauchers sind zwei starke Glasscheiben eingesetzt: ausserdem ist in der Kopfbedeckung ein Ventil angebracht, das sich nach aussen öffnet. Dieses schlägt der Taucher sobald er wieder an die Oberfläche kommt, um ganz unabhängig von der Zuleitungsröhre sogleich den freien Zutritt der frischen Luft darzustellen. Endlich befindet sich am unteren Ende der Röhre, und zwar in einer kleinen Erweiterung desselben eine kleine Druckpumpe, mittelst deren der Taucher das Wasser entleert, welches etwa in den Cylinder eingedrungen sein sollte.

Der Helm ist so geräumig, dass er seines Gewichts unerachtet der Taucher schwimmend erhält. Sobald dieser daher herabsteigen will, muss er sich noch mit andern Gewichten belasten. Zu diesem Zweck ist der untere Cylinder mit einer Reihe von Ringen umgeben, auf welche so viele Gewichte gehängt werden, dass der Taucher mit dem Drucke von wenig Pfunden herabsinkt. Er wird dadurch in den Stand gesetzt, auf weichem schlammigen

Boden zu gehn, indem er beinahe vollständig durch den hydrostatischen Druck getragen wird und jedes Einsinken aufhört. Wenn aber zufälliger Weise der Apparat in Unordnung geräth und für den Taucher irgend eine Gefahr entstehen sollte, so soll derselbe nur die angehängten Gewichte abwerfen, worauf er gleich durch den hydrostatischen Druck bis zur Oberfläche des Wassers gehoben wird, und wenn er nunmehr das Ventil öffnet, so strömt ihm nicht nur unmittelbar reine Luft zu, sondern er wird auch in den Stand gesetzt, sich mit den andern Arbeitern durch Zurufen zu verständigen.

In diesem Taucher-Apparate wird die Spannung der Luft nie grösser, als an der Oberfläche des Meeres: die Unannehmlichkeit des starken Luftdruckes im Innern des Körpers findet also hierbei nicht statt, doch muss eben aus diesem Grunde der Mensch fest genug sein, um dem Wasserdrucke mit Sicherheit widerstehen zu können, woher er im Innern noch durch eiserne Bügel verstärkt wird. Der grosse Durchmesser der beiden Cylinder, welche mit Einschluss des dazwischen befindlichen ledernen Schlauches den ganzen Obertheil des Körpers umgeben, führt den Uebelstand herbei, dass das Wasser allen Bewegungen einen bedeutenden Widerstand entgegengesetzt, und sonach der Taucher nur mit Anstrengung gehn oder sich bücken, dieses aber immer nur sehr langsam thun kann. Noch hinderlicher wird für ihn aber jede Bewegung des Wassers, und zwar eben sowohl die Wellenbewegung wie die Strömung: indem beide ihn fortreissen, machen sie jede Arbeit oder Untersuchung ganz unmöglich. Man hatte in Folge mancher Nachrichten, die sich sehr rühmend über die Brauchbarkeit dieses Apparates aussprachen, einen solchen aus England nach Ostpreussen kommen lassen, und zwar sollte derselbe beim Fischen des Bernsteins benutzt werden. Wenn indessen die See sich ganz abgestillt hat, so ist der Bernstein mit Sand überdeckt, er treibt dagegen in Folge seines geringen specifischen Gewichts, das nur wenig grösser als das des Wassers ist, bei starker Bewegung der See nicht nur frei auf dem Grunde, sondern erhebt sich auch oft und wird daher während eines heftigen Wellenschlages sogar mit Netzen gefischt. Der Taucher-Apparat sollte sonach in der Zeit benutzt werden, wo der Wellenschlag sich noch nicht gelegt hatte. Der darin eingeschlossene Arbeiter konnte sich indessen

stärklich, bei dieser Bewegung des Wassers nicht auf den Boden erhalten, er wurde sogleich niedergeworfen und wie eine Kanne hin- und hergerollt, so dass man ihn nur mit Mühe ergreifen konnte. Eine andere Unbequemlichkeit besteht darin, dass die Bewegung des Tauchers in vielen Fällen durch die Schläuche behindert wird, die immer von andern Arbeitern in einem Boote mit Wasser gehalten werden müssen.

Um diesem letzten Uebelstande zu begegnen und um zugleich das Tauchen zu erleichtern, brachte Klingert noch ein grösseres Reservoir über dem Helme an, welches 55 Cubikfuss fasste. Es war zugleich für die Erleichterung des Einathmens gesorgt, die Luft nicht durch so lange Röhren angesogen und abgesehen werden durfte. Beide Luftröhren führten nämlich in einer Einrichtung nur bis zum Reservoir, und zwar mündete die für das Einathmen bestimmte Röhre nahe über dem Boden in dem Boote, wogegen die andere bis dicht unter dessen Decke herabführte. Hierdurch sollte eine Verunreinigung der einzunehmenden Luft verhindert werden, was jedoch wohl nur sehr unvollständig erfolgte. Ausserdem wurde der Taucher auf diese Art in den Bötchen befindlichen Leuten unabhängig und konnte sich beliebig auf dem Grunde des Meeres umhergehen. Klingert schlug sogar vor, an dem Luftmagazine einen Compressionsapparat anzubringen, wodurch das Steigen und Sinken des Tauchers bewirkt werden sollte.

Der Tonkinsche Taucherhelm unterscheidet sich von Klingertschen nur dadurch, dass auch die Arme, die Schenkel und Füße mit starken metallnen Cylindern umgeben sind, welche wasserdichte Kleider gezogen werden. Braithwaite benutzte mit diesem Apparate in den 1804 bei Weymouth auf 10 Faden Tiefe gesunkenen Ostindien-Fahrer Obergavenny herab. Die Luftröhren reichten bis über Wasser und man fand, dass der Taucher sich durch dieselben bei lautem Sprechen sogar verständlich machen konnte.

Der Taucher-Apparat, für welchen W. H. James patentirt ist, unterscheidet sich wesentlich von den beschriebenen dadurch, dass die Zu- und Ableitungsröhren der Luft ganz fehlen, und dass der Taucher sich ganz beliebig bewegen kann. Ausserdem schliesst der Helm, der nur so gross ist, dass der Kopf durchgeht, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. Aufl.

darin freien Spielraum findet, einen weit geringeren Raum, wodurch der Widerstand des Wassers gleichfalls vermindert wird. (Fig. 235 zeigt den Apparat im Durchschnitte. *) Der Helm wird wieder aus Kupferblech getrieben und wasserdicht gelüthet, umgiebt den Kopf, den Hals, die Brust und den oberen Theil des Rückens und ruht auf den Schultern. Eine Jacke aus dichtetem Zeuge ist an den untern Rand des Helmes genäht, die Aermel reichen bis gegen die Hand und werden zweimal, einmal über dem Handgelenke und am Oberarme durch elastische Bänder fest aufgebunden. Ein breiter und starker elastischer Gürtel schliesst die Jacke dicht über den Hüften fest an den Körper an. Ausserdem zieht der Taucher noch eine Hose aus wasserdichtem Zeuge an, die dicht über den Knöcheln wieder mit elastischen Bändern fest angeschlossen und oben über die Jacke gesteckt durch den erwähnten Gürtel gehalten wird. Für den unteren Theil der Bekleidung ist die vollkommene Wasserdichtigkeit nicht so nothwendig, als für den obern, woher dieser auch vorzuziehen recht fest angeschlossen sein muss.

Statt der einzelnen Augengläser enthält der Helm eine runde Oeffnung von etwa 6 Zoll Breite und Höhe, die durch eine starke Glasscheibe geschlossen wird. Sie befindet sich vor den beiden Augen und der Nase des Tauchers; derselbe ist sonach im Stande, einen weiten Raum frei zu übersehen, namentlich alle Gegenstände zu seinen Füßen zu erkennen, so dass er deshalb den Kopf überneigen dürfte.

Der Raum im Innern des Helmes ist mit Luft angefüllt. Dieselbe wird aber durch das Athmen nicht verdorben, indem der Taucher wieder das Mundstück einer Röhre im Munde hat, durch die er die Luft ausbläst. Diese Röhre besteht aus Kupfer und mündet durch eine feine, mit einem Klapp-Ventile versehene Oeffnung im Scheitel des Helmes, wodurch die Luft in das Wasser entweicht. Zum Ersetzen der eingathmeten Luft dient dem Taucher ein Reservoir, das mit comprimirter Luft angefüllt ist. Dasselbe besteht aus einer ringförmig über einer gewundenen kupfernen Röhre, welche unter dem Arme

*) Hebert's Engineer's and Mechanic's Encyclopaedia, Apparatus.

mehreren Stellen sind die einzelnen Windungen durch überlappende eiserne Bänder mit einander verbunden, und zwei Riemen schnallen versehn, reichen über die Schultern und tragen die Röhre. Letztere wird vor der Benutzung mittelst einer Compressions-Pumpe gefüllt, und an ihrem obern Ende steigt eine kleine Hahne versehene feine Röhre auf, welche durch einen Schuck-Schlauch mit einer Ansatzröhre am Helm verbunden ist. Sobald die im Helme befindliche Luft soweit verdünnt ist, dass das Athmen beschwerlich wird, so öffnet der Taucher den unteren Hahn, und sogleich strömt die erforderliche Luftmenge hinzu. Sollte durch zu langes Oeffnen des Hahnes oder wenn derselbe vielleicht undicht ist, zuviel Luft hinzuströmen, so dass die Besorgniss entstände, der leichte Helm möchte springen; entweicht die Luft durch ein gehörig belastetes Sicherheits-Ventil, das sich an der vordern Seite des Helmes unter der Einlassröhre befindet. Durch dieses Ventil wird auch die Compression der Luft aufgehoben, sobald der Taucher an die Oberfläche des Wassers zurückkehrt. Indem er nämlich beim Aussteigen der Luft den Wasserdruck überwinden muss, so lässt er sich dieses zu bemerken, auch den Druck der Luft im Helme, der sich immer grösser worden, und sonach könnte der Taucher und noch mehr die daran befestigte Kleidung leiden, wenn der starken Verminderung des äussern Druckes während des Tauchens die innere unverändert bliebe.

Wiewohl dieser Apparat weit weniger voluminös ist, als der gewöhnliche, so sind dennoch die mit Luft angefüllten Räume noch so gross, dass sie das Herabsinken des Tauchers verhindern: derselbe muss sich daher wieder mit andern Gewichten belasten, die an den Röhrenring gehängt werden. Bei festem Grunde belastet sich der Taucher recht stark mit Gewichten, um sicherer stehen und leichter gehn zu können. Er lässt sich aber nicht ganz frei hinunter sinken, sondern klimmt an einen stark belasteten Tau herunter, herauf, welches ihm sonach als Leiter dient. Wenn er aber mit einem Ubergewichte von 20 bis 30 Pfunden versehn ist, so verliert die Kraft der Arme vollständig, um sich mit den Händen an den Tau heben und herablassen zu können. Die Vorzüge dieses Apparates werden ausserordentlich gerühmt und wenn auch einige Verbesserungen erforderlich ist, um die Luft beim Ausathmen regelmässig

auszustossen, und dagegen nur durch die Nase einzuathmen in den Luftraum im Helme, so oft es nöthig ist, wieder zu füllen: so gewöhnt sich der Taucher hieran sehr bald und in der Zwischenzeit hat er beide Hände frei und kann jede beliebige Vorrichtung vornehmen. Er kann aber auch in die Räume eines gesunkenen Schiffes herabsteigen und, soweit die Erleuchtung erlaubt, auch hier Untersuchungen anstellen, Gegenstände heraustragen, oder, wenn man das Schiff sprengen will, die Pulverfässer gehörig verlegen und befestigen, und dergleichen.

In Nord-Amerika hat man dem Helme eine solche Einrichtung gegeben, dass der Taucher ganz in gewöhnlicher Art athmen und zugleich eben so unbeschränkt rings um sich sehen kann, als wenn er ganz frei wäre. Ueber dem Kopfe befindet sich nämlich eine starke Glasglocke, die in einen messingenen Ring eingekittet ist. Letztere befindet sich über den Schultern des Tauchers und die Kleidung, aus Kautschuck bestehend, schliesst sich wasserdicht daran an. Aus dem Ringe treten zwei kurze Röhren seitwärts hervor und an beiden sind Kautschuck-Schläuche befestigt, die bis über Wasser reichen. Durch den einen wird fortwährend, so lange der Taucher sich unter Wasser aufhält, frische Luft eingepumpt, während durch den andern in gleichem Maasse die Luft aus der Glocke entweicht*).

Die eigentliche Taucherglocke unterscheidet sich von den bisher beschriebenen Apparaten vorzugsweise durch ihre Grösse. Sie umgiebt nicht nur den Kopf des Tauchers, sondern seinen ganzen Körper und ist sogar so geräumig, dass mehrere Personen sich darin aufhalten können. Sie besteht aus der Verbindung einer Decke mit Seitenwänden, die wasserdicht und hinreichend stark sind, um zufälligen Stössen widerstehen zu können. Der umschlossene Raum ist unten offen, woher die Glocke beim tiefern Versenken durch die ursprünglich darin enthaltene Luft nicht ganz angefüllt bleibt, vielmehr tritt bei zunehmender Verdichtung immer mehr Wasser hinein. Wenn man aber auch, was allgemein geschieht, während des Versenkens der Glocke so viel Luft hineinleitet, dass sie damit fortwährend gefüllt bleibt, so

*) Sganzzu, *Programme ou Résumé des leçons d'un Cours de Constructions*. Paris. 1839. Vol. I. Seite 302.

mit diese Luft denselben Grad der Verdichtung an, welcher in Wasserdrucke in der Höhe der Basis der Glocke entspricht, und sonach bleibt der äussere Druck immer nahe dem innern, wie tief man sie auch herablassen mag. Die Differenz zwischen beiden Pressungen ist nur durch die Niveau-Differenz zwischen dem Wasserspiegel am Boden der Glocke und der Höhe der Glockendecke bedingt. Der hieraus entspringende geringe Druck wirkt sich aber von innen nach aussen.

Die erwähnte Verdichtung der Luft hat bei tiefem Herablassen der Glocke manche Unbequemlichkeit für die darin befindlichen Personen, und zwar in gewisser Beziehung in grösserem Maasse, als bei Anwendung des Taucherhelms. Letzterer ist nämlich gewöhnlich — entweder mit der äussern Luft an der Oberfläche des Wassers in Verbindung, oder der Taucher kann doch den Druck darin beliebig reguliren, so dass er sich bis zu einer grossen Höhe steigert. Als wesentlichen Uebelstand kann man den verstärkten Luftdruck in der Glocke innen nicht ansehen, da die Unbequemlichkeit verschwindet, sobald die im menschlichen Körper enthaltene Luft dieselbe Spannung wie die äussere angenommen hat. Diejenigen Personen, welche schon mehrmals herabgegangen sind, pflegen auch durch starkes Ein- und Ausathmen in der Zeit, wo der Luftdruck sich ändert, die Ausgleichung sehr schnell herbeizuführen.

Endlich kann durch die Taucherglocke der Boden des Flusses oder des Meeres vollständig trocken gelegt werden, und die Arbeiter können abgesehen von der Beschränktheit des Raumes alle Verrichtungen mit derselben Leichtigkeit wie über Wasser ausführen. Das Wasser ist in der That gänzlich fortgedrängt und hindert in keiner Weise die Bewegungen und die Effecte der Apparate, während ein mit dem Helme versehener Taucher während den Widerstand des Wassers überwinden muss.

Die Erfindung der Taucherglocke ist sehr alt, schon Aristoteles erzählt, dass man unter einem umgekehrten Kessel tief ins Wasser herablassen kann. Nach manchen Nachrichten muss man annehmen, dass die Taucherglocke im funfzehnten Jahrhunderte schon beim Perlenfischen gebraucht wurde. In Venedig liessen sich in Gegenwart Karl V. zwei Griechen unter einem umgekehrten Kessel in den Tajo herab, und nahmen zu-

gleich ein brennendes Licht mit sich, das beim Aufzahn des Heissels zur allgemeinen Verwunderung noch brennend herausgenommen wurde.

Im Jahre 1588 sank ein mit vielen werthvollen Gegenständen beladenes Schiff, zu der Armada gehörig, an der Insel Mull das fern der Schottischen Küste. Bald darauf versuchte jemand, dessen Name jedoch nicht bekannt ist, mittelst der Taucherglocke die Schätze zu heben, was jedoch so wenig gelang, dass selbst die Kosten der Glocke dadurch nicht gedeckt wurden.

Im siebzehnten Jahrhundert wurde die Taucherglocke, so Leopold mittheilt, vielfach benutzt, und zwar bestand sie gemeinlich aus Blei, war aber nur etwa 3 Fuss hoch, während sie unten einen Korb trug, worin der Taucher sass. Für Erneuerung der Luft wurde dabei gar nicht gesorgt, woher sie jedesmal nach kurzer Zeit wieder gehoben werden musste, und wohl nicht so zu grosser Tiefe herabgelassen werden konnte.

Karl II. König von Spanien und Portugal gab 1680 einem Amerikaner Namens W. Phipps die Erlaubniss, die reiche Ladung eines bei Hispaniola gestrandeten und gesunkenen Schiffes mittelst der Taucherglocke herauszubringen. Der Erfolg war aber in den ersten Jahren so unbedeutend, dass die Unterstützung, die der König anfangs gewährt hatte, ausgesetzt wurde und dadurch das ganze Unternehmen in Stocken gerieth. Phipps reiste indes bald darauf nach England und wusste einige Privat-Personen, denen er bedeutende Antheile des Gewinnes zusagte, für das Unternehmen aufs Neue zu gewinnen. Im Jahre 1687 wurden die Versuche wieder begonnen und zwar so glücklich, dass ein 200,000 Pfund Sterling in Gold gehoben wurden.

Gegen das Jahr 1700 gab der berühmte Astronom Halley eine Einrichtung der Taucherglocke an, die ziemlich nahe mit der jetzt üblichen noch übereinstimmt, und in Fig. 236 dargestellt ist. Die Glocke hatte die Form eines abgestutzten Kegels und war aus starken Fassdauben zusammengestzt. Im Innern war sie aber mit zusammengelötheten Bleiplatten bekleidet. Ihre Höhe betrug 8 Fuss, der untere Durchmesser 5, der obere 8 Fuss. Ihr Gewicht war nicht so gross, dass sie von selbst herabsank. Sie war daher unten mit drei aufwärts gekehrten Haken versehen, und hieran hingen drei Eisenschiemen, deren je-

Gewicht von 2 Centnern trug. Diese Gewichte standen, wenn die Glocke ganz herabgelassen war, auf dem Grunde des Meeres; die Glocke selbst berührte daher diesen noch nicht, sondern blieb ihrem untern Rande wie es scheint etwa 3 Fuss darüber, auch wegen der gewählten Art der Zuleitung der Luft nothwendig war. In einiger Höhe über dem untern Rande befand sich eine kreisförmige Bank, auf der die Arbeiter beim Herablassen wie beim Heben der Glocke sassen. Bei der Arbeit selbst saßen sie tief im Wasser. In der Decke befand sich eine Oeffnung, worin eine starke Glasscheibe luftdicht eingesetzt war, oben war eine zweite kleine Oeffnung zum Auslassen der Luft eingeschnitten, die jedoch gewöhnlich durch einen Hahn geschlossen blieb.

Die Glocke wurde am Bogsprit eines Schiffes herabgelassen, dicht daneben waren gleichfalls am Bogsprit zwei Rollen angebracht, an welchen man die beiden Luft-Fässer abwechselnd hängen liess, welche die erforderliche Luft der Glocke zuführten. Jeder dieser Fässer war durch starke Gewichte hinreichend belastet, um selbst wenn es Luft enthielt noch schnell herabzuziehen, und fasste 36 Gallons (5½ Cubikfuss). Sowohl oben als unten waren die Fässer mit kleinen Oeffnungen versehen. Die oberen blieben ganz frei, aus den obern trat dagegen in jedem ein lederner durch eine Spiralfeder offen gehaltener Schlauch etwa 5 Fuss Länge heraus, der mit einer schweren messingnen Mündung versehen war. Sollte das Fass mit Luft gefüllt werden, so geschah dieses über dem Meerespiegel schon von oben, sobald man nur die Mündung des Schlauches aus dem Wasser hob und sonach die Luft durch diesen hineintreten konnte, und das Wasser aus der untern Oeffnung abfloss. Der Schlauch wurde aber, sobald dieses geschehen war, sogleich durch eine messingene Röhre herabgezogen, und tauchte beim Herablassen des Fasses früher in das Wasser als dieses. Seine Mündung blieb auch fortwährend tiefer, als die untere Oeffnung des Fasses, so dass die Luft aus diesem nicht entweichen konnte. Sobald aber diese bis unter den Rand der Glocke gesunken war, so wurde der Schlauch mit einem Haken gefasst und seine Mündung innerhalb der Glocke aufwärts gekehrt, worauf sogleich die Luft aus dem Fasse in die Glocke strömte. War die Glocke ganz

mit Luft angefüllt, so öffnete man von Zeit zu Zeit den Hahn der Derke, um in demselben Masse, wie die frische Luft unten einzutrat, die verdorbene oben auszulassen. In Fig. 28 sind auch die Luftfässer angegeben.

Ueber die Benutzungs-Art der Taucherglocke sammelte Halley sehr schätzbare Erfahrungen: er ging einst selbst in der Glocke herab und zwar bis 60 Fuss unter dem Meeresspiegel. Er blieb anderthalb Stunden ohne Beschwerde unten, ob die schnelle Zunahme des Luftdruckes während des Herabstiegs fand er sehr unangenehm und sie verursachte ihm heftige Ohrenschmerzen, indem die comprimirte äussere Luft auf das Trommelfell einen starken Druck ausübte, so lange die innere Luft noch nicht dieselbe Spannung hatte. Halley empfahl daher, man solle die Glocke zuerst 12 Fuss tief herablassen und sie einige Zeit in dieser Höhe halten, damit die Ausgleichung des Druckes auch und nach erfolgen könne. Er fand übrigens, dass die Beleuchtung bei ruhiger See vollkommen genügend und sogar besser war, als bei trübem Wetter in manchen Zimmern, man konnte aber auch ganz bequem in der Glocke ein Licht anzünden, falls die Beleuchtung nicht hinreichte. An einer unter dem Rande der Glocke hindurch gezogenen Leine wurden Bleitafelchen herauf und herabgelassen, auf welchen man die Mittheilungen aufschrieb, die man sich gegenseitig machen wollte. Endlich erwähnt Halley, dass beim Öffnen des Lufthahns der Wasserspiegel in der Glocke in Folge der plötzlichen Verminderung des Druckes in ein Aufwallen versetzt wurde, als wenn das Wasser kochte.

Halley erfindet im Jahre 1721 noch eine Vorrichtung, durch welche man einzelne Arbeiter mit einem Taucherhelme versehen und zu manchen Untersuchungen und Verrichtungen ausserhalb der Glocke beschäftigen konnte. Dieser Helm bestand wieder in einer unten offenen Glocke aus Blei, die man wie eine Kappe auf den Kopf setzte, die aber bis unter die Schultern herabreichte. Sie stand mittelst eines feinen ledernen Schlauches von 2 Linien innerm Durchmesser mit der Glocke in Verbindung. Der Schlauch wurde durch eine eingesetzte messingene Spiralfeder offen gehalten, und hatte die Länge von etwa 40 Fuss. Sobald diese Kappe über dem Wasserspiegel in der Glocke getragen wurde, strömte daher die Luft ununterbrochen aus der Letztern in die erstere.

aber wegen der geringen Weite und grossen Länge der Lungenröhre geschah dieses so langsam, dass die Glocke nicht zu schnell den Luftvorrath einbüsste und mit Wasser angefüllt wurde. Wenn der Taucher, der die Kappe trug, unter dem Boden der Glocke hindurchging, so musste die Verbindung beider durchbrochen werden, weil sonst die Kappe ganz mit Wasser sich anfüllen hätte. Hierzu diente ein Hahn dicht neben der Kappe, der vom Taucher also selbst schliessen und öffnen konnte. Letzterer trug den ganzen Schlauch, soweit derselbe frei war, über dem linken Arm und hob eine Windung nach der andern ab, wenn er sich von der Glocke entfernte. Wollte er dagegen zurückgehn, so zog er den Schlauch wieder nach und nach ein und wurde dadurch auch in den Stand gesetzt, die Glocke ganz sicher wieder zu finden. Das andre Ende des Schlauches wurde von einem Arbeiter in der Glocke gehalten.

Der Taucher stand indessen so lose im Wasser, dass er selbst dem schwächsten Strome nicht widerstehn und nur mit Mühe den Widerstand des Wassers überwinden konnte. Er musste auch noch mit etwa 200 Pfund Blei belastet werden, welches ihm an einen Gürtel hing, um zugleich den Schwerpunkt herab zu senken. Endlich erwähnt Halley, dass die Kälte des Meerwassers in dieser Tiefe so gross war, dass der Taucher innerhalb der Glocke fast erstarrte. Es wurde deshalb für die dicke Kleidung gesorgt: wenn dieselbe auch sogleich ganz anfeuchtet wurde, so verhinderte sie doch das schnelle Entweichen der Wärme des Körpers, und die Arbeiter hatten alsdann von der Kälte weniger zu leiden.

Im Jahre 1775 gab Spalding mehrfache Aenderungen an der Einrichtung der Halleyschen Glocke an, nachdem er 1774 ohne zum Bergen der Ladung eines bei Fern-Island gesunkenen Schiffes vergeblich und mit den grössten Gefahren versucht hatte.

Auf dem felsigen und unebnen Boden, wo unabsehbare Klüfte neben hohen Klippen lagen, war in der That ein Umrufen der Glocke sehr leicht möglich, ausserdem aber entstand bei der unzulänglichen Einrichtung des ganzen Unternehmens die Besorgniss, dass am Apparate irgend etwas brechen könnte. Die Arbeiter über Wasser nicht gehörig sorgsam sein möchten. Spalding stellte sich daher die Aufgabe, solche Einrichtun-

gen zu treffen, dass die herabgelassenen Arbeiter in den Sam gesetzt würden, die Glocke in jeder beliebigen Höhe festzuziehen, so dass ein weiteres Sinken derselben nicht stattfände, wenn nur das Tau noch fortwährend nachgelassen würde. Ausserdem soll die Glocke aber auch ganz unabhängig von der Windevorrichtung sogleich wieder gehoben werden können, und zwar bis zur Oberfläche des Wassers.

Fig. 237 stellt diese Glocke im Durchschnitt dar. Sie besteht wieder aus Holz, und ist mit doppeltem Boden versehen, so dass sie im obern Theile einen zweiten luftdicht abgeschlossenen Raum enthält. Die Belastung besteht theils aus den vier zu Seite aufgehängten Gewichten *A*, theils aus einem in der Mitte herabhängenden Gewichte *B*. Die vier ersten sichern nur die Stellung der Glocke, sie genügen aber, selbst wenn der obere Raum mit Wasser angefüllt ist, noch nicht vollständig, um die Glocke in der Tiefe zu erhalten, vielmehr ist hierzu noch ein Gewicht *B* erforderlich. Wenn dagegen der obere Raum mit Luft erfüllt wird, so steigt die Glocke sogleich mit allen Gewichten empor. Das Gewicht *B* dient hiernach förmlich als Anker für die Glocke. Beim Herablassen wird der obere Raum mit Wasser gefüllt, indem man das Ventil *D* mittelst der Zapfstange *C* aufstösst: das Gewicht *B* wird aber soweit herabgelassen, dass es einige Fuss tief unter dem Rande der Glocke hängt. Wenn man nun zufälliger Weise auf einen vorragenden Gegenstand, der ein Umschlagen der Glocke zur Folge haben könnte, stösst, so schiebt man sogleich das Gewicht *B* soweit herab, dass es den Grund berührt. Alsdann sinkt die Glocke nicht tiefer, sondern schwimmt frei im Wasser, und zwar in senkrechter Stellung auf derjenigen Höhe über dem Grunde, welche die Länge des Taues nach *B* bedingt. Man kann sonach schon durch Lösung dieses Taues die Glocke bis zur Oberfläche des Wassers ansteigen lassen, oder alldann bliebe das Gewicht *B* am Grunde liegen. Dieses ist zu vermeiden, wenn man den obern Raum der Glocke mit Luft füllt. Letzteres geschieht, sobald man den Hahn *E* öffnet. Die Luft dringt alldann sogleich aus dem untern Räume in den obern, und wenn die Versorgung des ersten regelmässig fortgeht, so füllen sich bald beide mit Luft an, und die Glocke steigt mit zunehmender Geschwindigkeit herauf, indem die Luft bei Vermehrung

Des äussern Druckes sich um so mehr ausdehnt, und sonach Wasser immer weiter herausdrängt. Das Ansteigen geschieht mit solcher Hefigkeit, dass die Arbeiter von den Sitzen weichen werden, und man muss dafür sorgen, die Geschwindigkeit zu mässigen, was durch Auslassen der Luft durch den Hahn möglich wird.

Im Uebrigen ist diese Glocke der Halleyschen ziemlich ähnlich. Die Fenster, deren es zwei giebt, befinden sich an den Seiten, eines derselben ist bei G sichtbar. Die Bänke sind fest, sondern hängen an Leinen, und hierzu so wie auch andern Zwecken sind eine Menge Haken in dem Mittelboden verbracht. Die Versorgung mit Luft geschieht sehr nahe in eben Art, wie bei der Halleyschen Glocke. Die Arbeiter haben wesentlich dieselbe Einrichtung, nur ihre Form ist abgeändert, und sie werden so wie die Glocke durch vier Bleiche belastet. Damit sie aber regelmässig neben der Glocke kommen, und namentlich der Schlauch mit Leichtigkeit von Arbeitern gefasst werden kann, so befinden sich zwei Leitseile neben der Glocke und sind an dem untern Rande derselben befestigt. Die Schläuche, welche aus den Fässern ausströmen, sind oben an passenden Stellen mit Ringen I versehen, welche jene Leitseile gezogen sind. Auf diese Art kommen die Schläuche unmittelbar neben der Glocke zum Vorschein und können sonach leicht gefasst werden. Sie sind aber noch durch Ventile geschlossen, damit man die Luft, namentlich wenn die Arbeiter steigen soll, beliebig langsam ausströmen lassen kann. Wenige Jahre später schlug Coulomb eine andere Einrichtung für Taucherglocke vor: sie sollte nämlich den mittlern Theil eines Kegels bilden und so hoch sein, dass ihre obere Decke immer unter Wasser blieb.^{*)} Veranlassung zu dieser Erfindung gab eine Frage der Akademie zu Rouen, welche die Angabe eines Verfahrens zur Sprengung der Felsen zu Quilleboeuf in der untern Loire betraf. Coulomb's Taucherschiff ist wahrscheinlich

^{*)} Rozier, *Observations sur la physique*, Vol. XIV. 1779. Seite 104. Der Aufsatz ist auch besonders herausgegeben, so wie in einer andern Uebersetzung bekannt gemacht. Letztere führt den Titel: *Ueber die Beschreibung eines Luftkastens*. Pesth 1821.

nicht viel benutzt, vielleicht nie ausgeführt worden, nicht weniger verdient es wegen seiner eigenthümlichen Einrichtung erwähnt zu werden, und besonders ist es in sofern wichtig, dabei eine ununterbrochene Versorgung mit Luft vorgesehen zu sein. Fig. 238 zeigt das Taucherschiff: es ist 25 Fuss lang, 10 Fuss breit, in der Mitte 13 und an den Seiten 10 Fuss hoch. Die beiden äussern Theile sind von den mittlern durch wasserdichte Wände getrennt und unten mit Böden versehen, so dass sie nicht nur an sich schwimmen, sondern auch den mittlern Theil tragen. Letzterer ist unten offen und oben mit einer luftdicht schliessenden Decke versehen. In dieser Decke befinden sich drei Oeffnungen. Eine grössere, dem Mannloche eines Dampfkessels ähnlich, zum Einsteigen der Arbeiter. Sie wird durch einen luftdichten Rahmen geschlossen, worin starke Glasscheiben eingesetzt sind, die den innern Raum erhellen. Durch eine zweite Oeffnung führt eine dünne Röhre heraus, die mit einem Hahn versehen ist, um die comprimirte Luft aus der Glocke auszulassen, und dieses geschieht, wenn die Arbeiter heraussteigen sollen, oder wenn man die durch das Einathmen verdorben Luft beseitigen will. Eine dritte Oeffnung steht endlich mit einem Blasbalg in Verbindung, der unmittelbar auf der Decke des Taucherkastens angebracht ist. Sechs Mann sollen den Blasbalg ununterbrochen im Gange erhalten und sonach fortwährend einen Strom frischer Luft in den Kasten oder die Glocke treiben. Der Aufseher, der seinen Platz auf dem Deck hat, kann bei dieser Anordnung zugleich die Arbeiter in der Glocke beobachten und ihnen jede etwa erforderliche Hülfe sogleich leisten. Die Arbeiter am Grunde des Stromes beschäftigten Arbeiter können sich mit dem Aufseher unmittelbar entweder durch Zeichen oder durch lautes Sprechen verständigen. Das Schiff sollte beim Beginn der Ebbe auf die Stelle gebracht werden, wo die Felsen beseitigen waren, und wenn es beim Eintritt des kleinsten Wassers fest auf dem Grund stand, sollten die Arbeiter in den Kasten hineinsteigen und so lange in demselben bleiben, bis die Fluth beginnt, worauf das Schiff von selbst flott würde und an einem sichern Zufluchtsorte in der Nähe gebracht werden könnte.

Mit diesem Taucherschiffe stimmt ziemlich genau derjenige Apparat überein, welchen Smenton in derselben Zeit, vielleicht

schon früher angab und ausführte. Die schadhaften Fundamente der Brücke zu Hoxham sollten nämlich wieder hergestellt werden, und es kam darauf an, einige Fuss unter dem kleinsten der Maurerarbeiten auszuführen. In einem Briefe vom 16. October 1778 schlug Smeaton, der als Sachverständiger dabei gezogen war, dem ausführenden Baumeister vor, hölzerne Kasten anzuwenden, die unten offen, oben und zur Seite aber wasserdicht geschlossen wären. Sie sollten $3\frac{1}{2}$ Fuss lang, 2 Fuss breit und $4\frac{1}{2}$ Fuss hoch, auf der Decke aber mit einer Druckbohrung von 10 Zoll Oeffnung versehen sein, um den Arbeitern frische Luft zuzuführen.*)

Viel wichtiger ist eine Aenderung, welche Smeaton im folgenden Jahre an der Taucherglocke anbrachte. Er liess nämlich aus Eisen giessen und versorgte sie in derselben Weise wie jenen Kasten, mittelst einer starken Druckpumpe mit Luft.**) Er gab ihr also diejenige Einrichtung, welche sie bis heute behalten hat, die auch wegen der Einfachheit und grossen Sicherheit und Bequemlichkeit im Gebrauche unbedingt vor allen andern den Vorzug verdient. Diese Glocke wurde zuerst beim Ausbessern des Hafens zu Ramsgate benutzt: sie war $4\frac{1}{2}$ Fuss lang, 3 Fuss breit, $4\frac{1}{2}$ Fuss hoch und wog nur 50 Centner. Zwei Arbeiter fanden darin Platz, und die Luftpumpe befand sich in einem Kasten, während die Glocke am Ausleger eines Krahns hing.

Die gegenwärtig üblichen Taucherglocken bestehen ausschliesslich aus Gusseisen, und haben mit manchen geringen Abweichungen die Fig. 239 dargestellte Form und Einrichtung. Die Glocke bildet im Grundrisse ein rechtwinkliges Viereck mit abgerundeten Kanten von 6 Fuss Länge und 4 Fuss Breite. Die obere Decke ist flach gewölbt und mit einer Verstärkungsbohrung versehen, die sich über die ganze Länge der Glocke erstreckt. Die Höhe misst $4\frac{1}{2}$ bis 5 Fuss. Die Wandstärke beträgt an der Decke und im obern Theile der Wände 16 Linien, unten gegen bis 3 Zoll. Durch diese Zunahme der Wandstärke werden alle Beschädigungen sehr sicher vermieden, ausserdem aber

*) *Reports on the late John Smeaton. Sec. edition. Vol. II. London 1837. Seite 332.*

**) Ebendasselbst. Seite 139.

auch der Schwerpunkt tiefer herabgebracht. Eine solche Glocke wiegt durchschnittlich 5 Tons (99 Centner Pr.), wogegen durch sie verdrängte Wasser nur etwa 65 Centner wiegt. Ihr eigenes Gewicht genügt daher, um sie ohne fremde Belastung zu jeder beliebigen Tiefe herabzulassen.

Auf angegossenen oder aufgeschrobenen Leisten an den schmalen Seiten der Glocke liegen die Bretter, welche die Arbeitsbänke für die Arbeiter dienen. In der Mitte der langen Seiten und zwar dicht über dem untern Rande sind eiserne Bordwände aufgeschroben, welche eine dünne eiserne Platte tragen, die als Arbeitsbrett benutzt, während der Arbeit aber gewöhnlich weggenommen wird, weil sie den Arbeitsraum beschränken würde. In der Mitte sind acht oder zwölf Oeffnungen von 8 Zoll Durchmesser vorhanden, in welche starke kreisrunde Glasscheiben eingekittet sind. Diese Scheiben sind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll dick und so fest, dass sie einem bedeutenden Druck oder Stoss sicher aushalten können. Es sind dieselben Gläser, welche man bei grossen Seen in das Deck einkittet, um die untern Räume zu erleuchten. Sie sind so stark, dass Ketten, Anker und selbst Kanonenkugeln alle Vorsicht darüber gezogen werden können.

Unter diesen Gläsern, die auf beide Seiten gleichmässig theilt sind, befinden sich zwei Reihen Haken aus Schmiedeeisen, mittelst Schrauben befestigt, worüber gemeinhin Leinen geschlungen sind, um leichte Geräthe und Utensilien anzuhängen. Unten hängen auch aus der Decke starke Haken herab, woran schwerere Gegenstände befestigen und mittelst derselben schwere Gegenstände wie Steine, Gefässe mit Mörtel u. dgl. in der Glocke ablassen, oder nach Erforderniss wieder aufheben können.

Die Versorgung mit Luft erfolgt durch eine Compressions-Pumpe, die von dem Augenblicke an, wo die Glocke das Wasser taucht, bis sie wieder vollständig herausgehoben ist, ununterbrochen in Thätigkeit erhalten wird. Diese Pumpe ist gemeinhin in gleicher Art, wie eine gewöhnliche Feuerlöschpumpe aufgestellt: sie hat zwei Stiefel und einen Luftkessel. In letztern tritt der lederne Schlauch heraus, der etwa 2 Zoll Durchmesser hält, und mittelst Kautschuck-Firniss vollkommen dicht ist. In seiner ganzen Länge enthält er eine spiralig gewundene Feder aus Draht, die das scharfe Biegen und

brechen oder stellenweise Verschliessen des Schlauches verhindert. Der Schlauch mündet in der Decke der Glocke, und zwar im Mittelpunkte derselben, wo er auf eine luftdicht eingesetzte Messingröhre gezogen ist. Die untere Mündung dieser Röhre ist adessen nicht ganz offen, sondern wird durch ein Ventil geschlossen, welches durch eine schwache Feder gegen die Oeffnung gedrückt wird. Die Spannung der einströmenden Luft muss daher gross sein, dass sie auch den Druck der Feder überwindet. Dieses Ventil verhindert aber das Ausströmen der Luft aus der Glocke und sonach die Anfüllung derselben mit Wasser, falls der Schlauch irgendwo undicht geworden sein sollte, was leicht geschehen kann. Reisst der Schlauch an einer Stelle, so hört freilich das Zuströmen der Luft in die Glocke sogleich auf; da aber in diesem Falle der Druck gegen die untere Fläche des Ventiles grösser wird, als gegen die obere, so folgt dasselbe sogleich der Feder und wird durch den verstärkten Druck fest angelegt. Die in der Glocke enthaltene Luft kann sonach nicht entweichen, ihre Masse ist aber gross genug, um die Arbeiter während der Zeit des Hebens der Glocke gar keine Uebequemlichkeiten im Athmen empfinden zu lassen. Das Ventil selbst giebt auch durch seine Bewegung sehr sicher zu erkennen, ob die Pumpe in gehöriger Wirksamkeit und der Schlauch in gutem Zustande ist.

Fig. 240 zeigt die Aufstellung der Taucherglocke bei Fundirung des neuen Hafendamms in Sunderland, der im Jahre 1841 ausgeführt wurde. Eine Eisenbahn, deren Schienen die von Vignoles angegebene Form hatten, ruhte auf zwei starken Balken, die von Pfählen und Böcken unterstützt wurden. Der Wagen, der die Glocke trug, war mit einer hohen und geräumigen, auf allen vier Seiten verstrehten Rüstung versehen, in welche die Glocke hineingewunden wurde, um den Wagen über die Querverbindungen der Bahn fortschieben zu können. Die Windevorrichtung mit einem Schwung- und Bremsrade an der Kurbel befand sich auf demselben Wagen. Dagegen trug ein zweiter Wagen die Luftpumpe, und diese wurde anfangs weiter zurückgestellt, beim Sinken der Glocke aber zugleich mit den darauf befindlichen Arbeitern nach und nach weiter vorgerückt, damit der Schlauch wenn auch nicht scharf gespannt, doch immer nahe ganz ausgezogen blieb, und sonach keine Verschlingung oder enge Windung

darin entstehen konnte. Die Pumpe bestand aus zwei 9 Zoll gebohrten Stiefeln: die Hohlhöhe der Kolben betrug 15 Zoll. Mann arbeiteten ohne Unterbrechung an der Pumpe, und fortwährend die Blasen in grosser Menge an der Stelle von wo die Glocke versenkt war. Diese Luft entweicht aber aus den Wänden der Glocke, woher in den innern Raum kein Wasser eindringen kann. Die Taucherglocke wurde bei diesem jedesmal herabgelassen, sobald die Fluth in den Hafen eingekommen war, weil in dieser Zeit das Wasser die grösste Klarheit hatte und sonach die Arbeiter alsdann am besten sehen konnten. gemeinhin blieb die Glocke zwei Stunden unten, doch war die Dauer des Aufenthalts unter Wasser, so oft es nöthig war, sehr erheblich und sogar bis auf fünf Stunden ausgedehnt, obgleich man selbst in diesem Falle für die Arbeiter den geringsten Schaden theil besorgte. Die Glocke hatte für 4 Arbeiter Raum, dagegen deren jedesmal nur drei herab, weil sie sich sonst bei den Versetzen der Steine und den andern hier vorkommenden Verrichtungen gehindert hätten. Diese Verrichtungen bestanden aber theils im Planiren des Grundes, also im Bearbeiten des wachsenden Felsbodens, theils im Lösen der Steinklauen, die Werkstücke herabgelassen waren, im Einstellen der Klauen und theils im Füllen der Stossfugen mit Mörtel, während für die folgenden Steinschichten auch das Mörtelbette unter der Taucherglocke vorbereitet. Die Winde, woran die Werkstücke herabgelassen wurden, stand gleichfalls auf einem Wagen derselben Eisenbahn und die Steine wurden damit so leicht versetzt, dass sie gemeinhin durch die in der Taucherglocke abgehenden Arbeiter nur wenig verschoben werden durften. Gegen erstreckte sich die Arbeit unter der Taucherglocke auf einige Stein-Schichten, indem die folgenden schon während des niedrigsten Wasserstandes der Ebbe versetzt werden konnten.

In andern Fällen wendet man auch beim Gebrauche der Taucherglocke, eben so wie bei den oben (§. 52) beschriebenen Kreuz-Bahnen an. Die Eisenbahn, auf welcher der Wagen mit der Taucherglocke steht, wird nämlich, wie Taf. XXIV zeigt, auf jeder Seite von zwei Rädern getragen, die auf einer andern sehr weitspurigen Eisenbahn laufen. Es reicht hierbei den wesentlichen Vortheil, dass die in der T

befindlichen Arbeiter das zu versetzende und in der Nähe gelassene Werkstück fassen und es an den Haken in der Glocke hängen können: indem sie letztere aber nach der einen oder andern Seite, oder vor- und rückwärts bewegen lassen, können sie den Stein sehr leicht und zwar ganz scharf an die Stelle. Das Heben des Steines ist nicht schwierig, so lange er in die Glocke tritt, sondern ganz im Wasser hängt, wobei er die Hälfte seines Gewichtes verliert.

Wenn man mit der Glocke tauchen will, so fährt man in das Boot unter dieselbe, und nachdem sie soweit herabgelassen ist, dass sie nahe den Rand des letzteren berührt, kann man mit Bequemlichkeit einsteigen. Beim Einsinken in das Wasser spürt man, wie schon erwähnt, einen heftigen Ohrenscherz, der sogleich gehoben wird, wie man die Luft im Innern des Kopfes in dieselbe Spannung versetzt, welche die äussere hat. Es geschieht, sobald es gelingt zu gähnen, doch kann man durch anhaltendes Schliessen des Mundes und der Nase die Luft in die Ohren pressen, wodurch gleichfalls eine Ausgleichung des Druckes schnell bewirkt wird. Bei sehr langsamem Herabsteigen der Glocke zeigt sich diese Unbequemlichkeit nur in geringer Maasse, besonders wenn man den Körper schon daran gewöhnt hat. Beim Aufsteigen verursacht aber die Verminderung des Luftdrucks noch weit weniger Unannehmlichkeit. Sobald die grösste Tiefe erreicht und einige Minuten daselbst verweilt, hört der Schmerz auf und man empfindet auch sonst keine Unannehmlichkeit. Die Helligkeit ist gleichfalls, wenn das Wasser nicht besonders trübe ist, durchaus genügend zu allen Arbeiten. Die Arbeiter sind auch immer sehr bereitwillig, in der Taucherglocke herabzugehn. Die geringe Zulage, die ihnen dafür zu geben pflegt, veranlasst sogar einen Wettstreit unter ihnen, und sie drängen sich heran, um in die Glocke einzusteigen.

Ein grosser Vorzug dieser eisernen Taucherglocken liegt darin, dass ein Schlag mit dem Hammer dagegen geführt sehr deutlich an der Oberfläche des Wassers, und selbst aus grosser Entfernung gehört wird. Man kann daher, indem man einmal oder öfters u. s. w. aufschlägt, sehr leicht diejenigen Zeichen geben, die sich am häufigsten wiederholen. Der einzelne Schlag bedeutet gewöhnlich „mehr Luft“, und das ununterbrochene Angeschlagen, Handb. d. Wasserbauk., II. 2. 2. Aufl.

schlagen bezeichnet irgend eine Gefahr, worin sich die Taucher befinden, worauf die Glocke schleunigst aufgewunden wird. Bei zwei, drei, vier bis sieben Schläge kann man das Zeichen leisen Bewegungen, aufwärts und abwärts, vor und zurück, und links geben. Für alle andern Fälle dient wieder die Tafel. Der oben stehende Aufseher hat eine dünne Leine am Arm gebunden, und hält ausserdem eine zweite in der Hand. Beide sind unter der Wand der Glocke hindurch bis in die Tiefe gezogen. Die erste Leine ist an eine kleine Glocke befestigt, die andere hängt daneben. Will man sich eine Nachricht theilen, so schreibt man selbige auf das Täfelchen und bindet dieses an die zweite Leine. Man zieht zunächst an der ersten, und diese Bewegung, je nachdem sie von den in der Taucherglocke befindlichen Arbeitern oder vom Aufseher ausgeht, bedeutet entweder der Aufseher unmittelbar, oder sie macht, dass die Glocke unten erklingt, und sogleich wird die zweite Leine geholt und dadurch das Täfelchen mit der Nachricht herübergebracht.

Die Taucherglocke ist in neuester Zeit sehr vielfach in England angewendet, und an vielen Orten ist dieses jährlich zu sehen, so oft die Witterung es erlaubt. Nichts desto weniger waren vor einigen Jahren nur einige Unglücksfälle bekannt geworden. Der eine ereignete sich in Sheerness. Senken der Glocke traf nämlich ihr Rand auf einen alten Pfahl tief unter Wasser. Die Arbeiter irrten sich in der Deutung mit dem Zeichen und gaben nicht das Signal zum Heben, sondern zum weiteren Herablassen. Dieses wurde befolgt: die Glocke schlug zuletzt um und zwei Leute ertranken, während der dritte sogleich auftauchte und gerettet wurde. Eine andere Glocke, die man versuchsweise von einem Schiffe bei Blackwall herabsenkte, wurde schlecht bedient und wahrscheinlich nicht mit Nutzen zu sehen. Als die Gefahr des Erstickens augenscheinlich war, rief ein Arbeiter mit grosser Geistesgegenwart unter dem Rande der Glocke hindurch, und brachte selbst die Nachricht von der Gefahr, worauf seine Kameraden noch gerettet wurden.

Eine eigenthümliche Gefahr soll beim Herablassen der Glocke in starker Strömung und noch mehr während des Wellenstoßes entstehen, indem sie alsdann in heftige pendelartige Schwingungen versetzt wird, und beim Berühren eines felsigen Grundes zerbrechen kann. Unter solchen Umständen hört inde-

nach die Anwendung der Taucherglocke auf, wenigstens wurde in England, sobald ein starker Ostwind eintrat, die Glocke mehr herabgelassen. Nichts desto weniger kann man auch in Uebelstände begegnen, wenn man die Glocke an drei Punkten hängt, die über Rollen gezogen sind, welche weit von einander abstehen.

Im Jahre 1842 machte eine Erfindung zum Reinigen der Taucherglocken viel Aufsehen. Der Dr. Payerne ließ sich mehrmals mit einem kleinen Kasten in dem Brunnen der *Polytechnical Institution* herabgelassen und war stundenlang geblieben. Der Werth dieser Erfindung wurde schon zweifelhaft, als andre Personen ohne solchen Kasten und ohne dass eine Luftpumpe in Gang gesetzt wäre, eben so lange in der Taucherglocke geblieben, indem die darin enthaltene Luftmenge so gross war, dass eine Person längere Zeit hindurch darin athmen kann, ohne dass auch keine frische Luft hinzugeführt wird. Ein entscheidender Versuch über die Erfindung sollte zu Spithend angestellt werden, wo Payerne vielfach in Gemeinschaft mit Pasley in der Taucherglocke herabtauchte. Die darüber bekannt gewordenen Berichte zeigten indessen wenig Vertrauen zu der neuen Erfindung. Verhölentlich trat ein Missverständniß der gegebenen Zeichen ein, indem die Glocke zu früh heraufgezogen wurde. Wenn man die Glocke wirklich bis zu bedeutender Tiefe herabliess, so wurde sie sich fast ganz mit Wasser an, Pasley, der dieses beobachtete, war daher in vollständiger Taucherkleidung in die Taucherglocke gestiegen. Zuweilen wurden auch Cylinder, mit stark comprimierter Luft gefüllt, zu Hülfe genommen, und während der Tauchversuche musste noch eine Luftpumpe ganz in gewöhnlicher Weise in Thätigkeit erhalten werden. Das Patent, welches Payerne später löste, bezog sich auf eine Vorrichtung, das saure Gas durch Kalk aufzusaugen und den Verlust an Sauerstoffgas durch verschiedene chemische Prozesse zu ersetzen. In späterer Zeit ist von der Benutzung dieses Patentes nicht mehr Rede.

Bei Erwähnung der verschiedenen Taucher-Apparate dürfen auch die beweglichen Apparate, oder die Taucherschiffe mit Stillschweigen übergangen werden, wenn sie gleich zur Reparatur von Bauten wohl nie benutzt sind, noch auch dazu gebraucht werden können. Cornelius Drebbel fuhr mit einem sol-

ehen zur Zeit Jacob I. unter dem Wasserspiegel der Thames so gutem Erfolge umher, dass die Nachrichten darüber an die glaubliche grenzen. Später zogen wieder die Versuche von Howell in Connecticut die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich. In Absicht des Letztern ging dahin, im Amerikanischen Befreiungskriege die Englische Flotte zu zerstören, doch er selber erkannte nachdem er den Apparat während der Jahre 1773 bis 1774 zusammengesetzt hatte. Nach vielem Suchen gelang es ihm nicht einen Mann zu finden, der Geschicklichkeit und Muth genug hatte, um in dem Taucherschiffe zur feindlichen Flotte zu gehen. Der eigentliche Zweck wurde jedesmal verfehlt, bald wurde das Schiff gar nicht aufgefunden, bald war der Strom so stark, dass der Apparat nicht an den Schiffen befestigt werden konnte, sondern forttrieb, einmal sollte wirklich bei Governor Island das Schiff am Boden einer Fregatte angeschoben werden, doch die Seile trafen zufällig auf einen Bolzen oder eine Eisenstange und konnten nicht ein. Wie wenig indessen diese Erfolge für die Briten sprechen, so verdient dieselbe doch jedenfalls insofern grosse Achtung, als das Schiff in willkürlicher Richtung und Tiefe in Strecken weit unter Wasser fuhr, und sich mit Leichtigkeit der Verfolgung der Feinde entzog, als dieselben es einst bemerkt hätten.

Das Schiff war so gross, dass ein Mensch bequem sitzen und wenn er aufstand, durch die oben angebrachten Oefnungen hindurchsehn konnte. Die Form war derjenigen, welche entsteht, wenn man zwei flache Schildkröten-Schalen einander legt: die scharfen Ränder waren vorn, hinten und nach oben erhob sich aber noch ein cylindrischer Ansatz, in den der Taucher einstieg, und in welchem nach allen Seiten Glasfenster angebracht waren. In der Decke des Cylinders fand sich ein Ventilator, durch welchen frische Luft eingeschoben werden konnte, so oft der Apparat sich über das Wasser erhob. Eine Menge Bleiballast am Boden sicherte die Stellung des Schiffes, theils diente derselbe auch dazu, stark zu beschweren, dass es nur sehr wenig leichter war als das Wasser, welches es beim vollen Eintauchen verdrängte. Wollte daher der Taucher herabsinken, so musste er den Apparat noch beschweren. Er brauchte zu diesem Zwecke ein am Boden angebrachtes und nach aussen aufschlagendes Ventil zu treten, wodurch sogleich Wasser einfloss, welches

ordentliche Ueberlastung hervorbrachte. Dieses konnte indessen durch eine Druckpumpe sehr schnell wieder herausgestossen werden, wodurch der Apparat sich wieder so weit hob, dass die obere Bodenfläche des Cylinders mit jenem ersten Ventil und den Glasfenstern über Wasser trat.

Zur Fortbewegung des Schiffes diente eine Schraube oder Propeller an der vordern Seite. Der Taucher konnte diesen vor- und rückwärts mittelst einer Kurbel drehn, während er zugleich mit der linken Hand das Steuer regierte, welches sich hinter ihm befand. Ausserdem war vorn noch eine zweite Schraube etwa unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Horizont angebracht. Mit dieser hob sich der Taucher, ohne dasjenige Gewicht des Apparates zu ändern, welches ihn mit dem Wasser vollkommenes Gleichgewicht setzte, und mit dem er in jeder beliebigen Tiefe sich aufhalten konnte.

Um selbst in grosser Tiefe, wo kein Gegenstand zu erkennen war, den richtigen Cours zu verfolgen, diente ein Compass, mit Phosphor angerieben war und sich sonach auch in vollkommener Dunkelheit noch markirte. Ein Manometer, das mit dem äussern Wasser in Verbindung stand, gab dagegen, sobald einiges Licht eindrang, die Tiefe an, in welcher das Schiff sich befand. Von aussen her liess der Apparat sich nicht mit frischer Luft versorgen, wodurch dessen Anwesenheit ohne Zweifel verrathen sein würde. Der Taucher konnte daher nur so lange unter Wasser bleiben, als die im Schiffe enthaltene Luft noch hinreichend rein war, was etwas über eine halbe Stunde dauerte.

Endlich war auch noch dafür gesorgt, dass der Taucher einige wenige Verrichtungen ausserhalb vornehmen konnte und hierzu diente ein lederner Aermel in einer Oeffnung im obern Cylinder, in welchen er einen Arm steckte. Das Anschrauben der Pulverkasten an feindliche Schiffe und das Entzünden derselben, was der eigentliche Zweck der ganzen Erfindung war, geschah aber durch besondere Apparate aus dem Taucherschiffe selbst. Der Pulverkasten war nämlich über dem erwähnten Cylinder befestigt und aus dem obern Boden des ersten ragte die scharfe Holzschraube hervor, die man im Schiffe drehen und dadurch befestigen sollte. Man konnte den untern Theil derselben aber auch ablösen, und wenn dieses geschah, so entzündete sich die Lunte und bald darauf erfolgte die Explosion. Als einst der

Taucher verfolgt wurde, löste er, um schneller entfliehen zu können, den Pulverkasten, der bald darauf mit heftiger Explosion sich entzündete. *)

Zu den Taucher-Apparaten muss endlich noch eine Vorrichtung gezählt werden, die Thunberg beim Bau des Hafens von Carlsrona anwendete, mittelst deren man gleichfalls bis 20 Fath tief herabsteigen und die Untersuchung des Meeresgrundes, so wie der unter Wasser ausgeführten Arbeiten vornehmen konnte. Dieser Apparat ist aber wesentlich von der Taucherglocke verschieden, indem der umschlossene Raum immer durch einen wasserdichten Boden vom Meeresgrunde getrennt bleibt, und die Luft, die ihn füllt, unmittelbar mit der Luft an der Oberfläche des Wassers in Verbindung steht, und daher nicht stärker als dieses gespannt ist. Ein hohes Fass, unten mit einem Boden und über demselben mit Fenstern versehen, bildete die ganze Vorrichtung. Fig. 241 a auf Taf. LIV zeigt dasselbe zur Hälfte in der Aussen Ansicht und zur Hälfte im Längendurchschnitt, Fig. 241 b dagegen die Ansicht von oben. Die ganze Länge des Fasses mass 23 Fuss und seine lichte Weite nahe 3 Fuss. Es war in gewöhnlicher Art aus hölzernen Dhuben zusammengesetzt und mit starken eisernen Reifen verbunden. Zum Herabsteigen diente eine Leiter im Innern, deren Sprossen an die Wände genagelt waren. Nahe 4 Fuss über dem Boden waren vier starke und reine Glasscheiben von der Grösse eines Thalerstücks eingesetzt, durch welche man rings umher die Untersuchung vornehmen konnte. Die Tonne liess sich indessen ohne Anwendung schwerer Gewichte weder tief versenken, noch auch sicher in der senkrechten Stellung erhalten. Zu diesem Zwecke waren am untern Ende zwei starke Felgenkränze aufgesetzt, und über dieselben wurde eine zweite Wand, wieder aus Fassdauben bestehend, angebracht. Der Ballast, der besonders zu diesem Zwecke gegossen war, wurde auf die untere Felge gepackt und später die erwähnte äussere Wand angesetzt. Da letztere jedoch nicht wasserdicht zu sein brauchte, so begnügte man sich, sie mit Tauen festzubinden. Es waren ungefähr 600 Pfund Ballast zum Senken der Tonne nöthig, doch legte man einen Theil desselben flach auf den Boden, um nach Beendigung

*) *Edinburgh Encyclopaedia*. Diving.

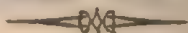
suchung den Apparat so weit zu erleichtern, dass er sich schwimmend auf eine andere Stelle gebracht werden konnte. Unberg benutzte zu gleichem Zwecke noch ein anderes Instrument, das auch später vielfache Anwendung gefunden hat. Es ist das sogenannte Wasser-Fernrohr, mit welchem ichfalls, jedoch nur in mässiger Tiefe, die Untersuchung des und anderer Gegenstände unter Wasser vornehmen. Das Wasser ist nicht leicht so klar, dass man ohne besondere Apparate hindurchsehn und in einiger Tiefe noch die Gegenstände deutlich erkennen kann. Zuweilen ist dieses allerdings der Fall: so wird man beim Befahren der Seen, welche kälter Wasser gespeist werden, überrascht durch die vollkommene Durchsichtigkeit des Wassers. Auf dem Königs-Seeburgischen kann man die Fels-Ufer wohl über hundert Faden unter Wasser deutlich verfolgen und ihre Formen genau erkennen. Auch der Ocean soll, wenn er lange Zeit hindurch durch Stürme aufgeregt war, diese volle Klarheit besitzen, so dass man herabgeworfene Gegenstände, die niedersinken, mehrgestaltig hindurch in allen ihren Bewegungen deutlich verfolgen kann. Die Ströme, und namentlich die Gebirgsströme, die in der Dürre aus klaren Bächen gespeist werden, lassen sich in der Tiefe von 3 bis 5 Fuss noch vollkommen deutlich sehen und erkennen. In der Saar ist diese Erscheinung sehr häufig, auch in der Mosel und Ruhr bemerkt man sie zuweilen. Allgemeinen kann man indessen ohne besondere Vorrichtungen nicht, oder doch nur in sehr mässiger Tiefe die unter Wasser befindlichen Gegenstände erkennen. Zum Theil rührt das davon her, dass das Auge bei dem starken Lichte, welches im Wasser eintritt, für die schwachen Eindrücke der weniger erleuchteten Gegenstände nicht empfänglich ist. Man kann aber leicht diese Empfänglichkeit wiederherstellen, wenn man das starke Licht durch dichten Umgebungen abschliesst. So gelingt es häufig, Gegenstände im Wasser zu sehen, wenn man nur irgend eine Röhre, oder die Röhre eines grossen Fernrohrs, aus welchem alle Gläser entfernt sind, mit dem untern Ende ins Wasser taucht, und das Auge dicht über die Ocular-Oeffnung legt. So lange das Auge durch den früheren Eindrücken geblendet ist, sieht man freilich nichts, aber etwa nach einer Minute treten die Gegenstände schon deutlich hervor. Ich habe auf diese Weise häufig bis auf 12 Fuss

Wassertiefe den Grund am Rande der Ostsee deutlich sehen, während es unmöglich war, ohne die Röhre irgend einen Gegenstand zu bemerken.

Das Wasser muss indessen schon sehr klar sein, wenn dieser Versuch gelingen soll, denn alle Körper, die im Wasser schwimmen, wie fein sie auch sein mögen, werden erleuchtet und absorbiren daher das Licht so stark, dass dasselbe in einer gewissen Tiefe nicht mehr hinreichende Stärke hat, um die Gegenstände erkennen zu lassen. Ein andres, viel kräftigeres Mittel zur Erleichterung des Sehens unter Wasser besteht sonach darin, dass man Letzteres nicht in die Röhre hineintreten lässt, durch welche man hindurchsieht, und zwar wird der Erfolg um so vollständiger sein, je dünner die übrig bleibende Wasserschicht ist, welche der Lichtstrahl durchdringen muss. Hierauf beruht die Einrichtung des Wasserfernrohrs. Thunberg construirte es aus Holz, wie Fig. 242 zeigt. Am untern Ende war es durch eine luftdicht eingesetzte, starke und recht reine Glasscheibe geschlossen, damit diese aber nicht etwa beim Gebrauche auf irgend einen Gegenstand gestossen und beschädigt würde, traten drei an das Rohr angebundne hölzerne Arme vor die Scheibe vor. Zum Abblassen diente endlich ein schwerer Bleiring.

Wenn man das Wasserfernrohr in strömendem Wasser benutzen will, so kann man es nicht füglich an dem über das Wasser vortretenden Theile hinreichend festhalten, man muss also noch zwei an Charnieren befestigte Lenkstangen am untern Theile anbringen, und diese durch zwei Arbeiter halten lassen. Diese Stangen müssen sich aber in zwei Ebenen bewegen, die sich rechtwinklig in der Axe des Fernrohrs schneiden.

Man pflegt gegenwärtig das Wasserfernrohr aus Blech zu construiren. In Frankreich hat man dabei noch die Aenderung eingeführt, dass die Glasscheibe nicht unten, sondern oben eingesetzt wird. Die geringere Grösse, welche sie in diesem Falle erhält, ist ohne Zweifel als ein Vorzug anzusehn, dagegen verliert hierbei das Wasser von unten in die Röhre und füllt sie zum Theil an, wodurch die Deutlichkeit leidet; ausserdem bleibt die Oberfläche des Wassers auch nicht eben und senkrecht gegen die Axe gekehrt, sie kann sogar stark schwanken, wodurch die Strahlenabrechung das Bild bedeutend verzerrt und sonach die Deutlichkeit noch mehr leidet.



Vierzehnter Abschnitt.

chiffahrts - Anlagen.



§. 95.

Die Flussschiffahrt.

Die Regulirung der Ströme hat häufig und vielleicht in den meisten Fällen keinen andern Zweck, als die Erleichterung und Vermehrung des Schiffahrtbetriebes. Es ist daher bereits oben

67) von den Erfordernissen der Schiffahrt mehrfach die Rede gewesen, doch gehören dazu auch andre Anlagen und bauliche Ausführungen, die der eigentlichen Stromregulirung fremd sind, und daher besonders behandelt werden müssen.

Die Wichtigkeit der Flussschiffahrt und ihr Einfluss auf allgemeine Wohl bedarf keiner nähern Auseinandersetzung.

Ströme sind natürliche Strassen, die das Binnenland mit dem Meere verbinden. Die Kosten der Anlage und Unterhaltung der Stromregulirungswerke sind oft allerdings sehr bedeutend, aber wenn man sie mit den sonstigen Communications-Mittel vergleicht.

Der Umstand, dass die Schiffe, welche dem Strome folgen, in der Thalfahrt begriffen sind, keiner äussern Kraft zur Bewegung bedürfen, ist nicht immer als Vortheil zu betrachten, denn ihre Zurückführung gegen den Strom oder die Bergfahrt ist aus demselben Grunde um so beschwerlicher. Dazu kommt noch der Uebelstand, dass das Schiff, welches nur vom Strome bewegt wird, schwer zu steuern ist und leicht die tiefste Stelle des Bettes verfehlt, wodurch es bei heftiger Strömung und scharfer Krümmung des Fahrwassers nicht selten aufgehalten und zeitweilen sogar grossen Gefahren ausgesetzt wird.

Der Nachtheil des erschwerten Zuges bei der Bergfahrt vermindert grossentheils in denjenigen Fällen, wo die Frachten sich in der Richtung des Stromes bewegen, oder die Schiffe leer

heraufgehn. Dieses ist im Verkehr mit mineralischen Producten der gewöhnliche Fall: so gehen die Steinkohlen auf der Ruhr und Saar und das Salz auf der Traun immer stromabwärts. Auch Getreide, Holz und andre rohe Producte bewegen sich gemeinhin in der Richtung des Stromes oder nach dem Meere zu. Das Holz wird aber in den meisten Fällen gar nicht in Schiffe verladen, sondern schwimmt zu Flössen verbunden, oder ganz lose in einzelnen Scheiten den Strom oder Fluss herab. Die Bergfahrt besteht im letzten Falle gar nicht. Doch auch beim Transport des Getreides tritt bei rohem Schiffahrtsbetriebe auf grossen Strömen nicht selten ein ähnliches Verhältniss zu Getreide, Hanf, Oel und andre Producte, die auf der Weichsel und auf dem Memelstrome aus Russland nach den Preussischen Ostseehäfen herabkommen, sind grossentheils auf sehr schweren Fahrzeuge verladen, welche nur eine einzige Fahrt machen und sobald sie den Seehafen oder die Grenze der Seeschiffahrt erreicht haben, zerschlagen und als Brennholz und Bauholz verkauft werden. Auf dem Mississippi geschieht dasselbe.

Das wichtigste Erforderniss der Schiffahrt ist eine grössere Wassertiefe, und die Wohlfeilheit der Frachten ist vorzugsweise durch sie bedingt. Die Anlage- und Betriebskosten für grössere und kleinere Schiffe sind allerdings sehr verschieden, aber keineswegs in demselben Verhältnisse, wie ihre Tragfähigkeit abnimmt. Daher kann ein grösseres und tiefer beladenes Schiff viel wohlfeiler transportiren, als ein kleineres, und man muss bei der Schiffbarmachung eines Stromes immer von der Absicht ausgehn, die Anwendung möglichst grosser und möglichst tief gehender Schiffe zu befördern. Es kommt hierbei aber natürlich nicht auf einzelne kürzere Strecken an, denn der ganze Vortheil schwindet, wenn stellenweise umgeladen, oder ein neuer wiederkehrender höherer Wasserstand abgewartet werden muss. Es ist vielmehr nothwendig, dass auf dem ganzen Wege, welchen die Producte oder Waaren zurücklegen, ohne Ausnahme die erforderliche Wassertiefe überall vorhanden ist.

Auf den meisten Strömen findet die Schiffahrt bei gewöhnlichen höhern Wasserständen keine Hindernisse, wohl aber treten solche zur Zeit der anhaltenden Dürre ein. Zuweilen ist alsdann der Schiffahrtsbetrieb auch ganz unterbrochen, wie auf der Ruhr

wenigen Jahren noch auf der Saar und selbst auf der Mosel. In manchen Fällen, und namentlich wenn es mehr auf wohlfeile, auf schnelle Beförderung ankommt, pflegen die Schiffer auch kleinem Wasser grosse Ladungen anzunehmen und höhere Wasserstände abzuwarten, weil ohnerachtet der längeren Dauer der Reise dennoch die Transportkosten auf diese Weise sich billigen stellen. Besonders auf der Oder soll dieses häufig geschehn.

Die höchsten Wasserstände, wenn sie auch nicht mit den Schiffen zusammentreffen, sind für die Schifffahrt nicht nutzbar. Die Bergfahrt wird dabei durch die starke Strömung und durch die Ueberfluthung der Leinpfade sehr erschwert, und die Thalfahrt wird alsdann nicht nur wegen der Heftigkeit des Stromes, sondern auch wegen der weiten Verbreitung der inundation mit vielfachen Hindernissen verbunden, besonders wenn die Ufer hoch überfluthet werden und man das eigentliche Strombette nicht mehr mit Sicherheit erkennen kann. Auch wird das Anhalten der Schiffe und das Anlegen derselben an die Ufer alsdann so beschwerlich und gefährlich, dass man schon aus diesem Grunde sie dem Strome überlassen mag. Nur Dampfschiffe, deren Maschinen kräftig genug sind, um den Strom zu überwinden, setzen, wenn auch bei dem allerhöchsten Wasser, doch während sehr hoher Wasserstände noch die Fahrten fort, und ihr Nutzen für den Güterverkehr beruht vorzugsweise darauf, dass sie noch gegen den Strom fahren und sogar andere Schiffe schleppen, wenn die Leinpfade bereits inundirt sind.

Die Fahrten der gewöhnlichen Flussschiffe werden wegen der geringen stärkern Ladung am vortheilhaftesten, wenn der Strom nicht zu hoch ist, oder die Ufer so eben noch trocken sind. Man darf aber nicht voraussetzen, dass die Schiffe in gleichem Masse um so tiefer beladen werden dürfen, als das Wasser steigt. Die stärkere Strömung erlaubt nicht mehr das genaue Einhalten der tiefsten Rinne, und oft verflacht sich diese auch bei dem höhern Wasser. Die Schiffer pflegen daher besondere Regeln über den richtigen Tiefgang zu haben, welche natürlich aus der Erfahrung hergeleitet sind und daher nur für einzelne Stromstrecken gelten. Gemeinhin stellt sich das Verhältniss annähernd für die Art heraus, dass bei dem Steigen des Wassers um einen Fuss der Tiefgang der Schiffe um 9 Zoll vergrössert werden darf,

Die Anwendung verschiedner Schiffe bei verschiedenen Umständen würde für den Betrieb ohne Zweifel vortheilhaft sein, das hohe, für starke Einsenkung bestimmte Schiff bei hohem Wasser überflüssig schwer ist und sonach die Ladung nur geringe sein kann. Nichts desto weniger verhindert eine solche Anordnung durch die sehr vermehrten Anlagekosten immer nur theilweise sich verzinsen würden. Einzelne Boen dafür fehlen freilich nicht, aber von diesen seltenen Ausnahmen abgesehen wird im Allgemeinen dasselbe Schiff beim niedrigsten wie beim höchsten schiffbaren Wasserstande benutzt. Die Tiefe muss deshalb so gross sein, dass die Schiffe noch im kleinsten Wasser hinreichende Ladung einnehmen können um mit Vortheil zu fahren.

Auf nicht regulirten Strömen sind die Schiffe gewöhnlich übermässig stark gebaut, auch wohl mit doppelten Böden um beim Festfahren auf Sand- und Kiesbänke und beim Stossen gegen Steine und Baumstämme nicht beschädigt zu werden. Sobald durch Regulirung des Stromes diese Gefahr beseitigt oder wesentlich vermindert werden, hört auch das Bedürfniss der schweren Bauart auf und leichtere Schiffe finden Eingang, die an sich weniger tief eintauchen, und bei gleichem Eingange viel mehr laden können, als die ältern. Die sogenannten Böcke, die in früherer Zeit auf der Weser ausschliesslich wurden und auch jetzt noch vorzugsweise daselbst im Gebrauch sind, tauchen leer 15 bis 18 Zoll oder durchschnittlich 16 Zoll ein, und laden auf jeden Zoll Einsenkung etwa $1\frac{1}{2}$ Last. In neuer Zeit hat dagegen eine andre Bauart Eingang gefunden, welche denjenigen der Lippe-Schiffe ähnlich ist. Letztere unterscheiden sich von den Böcken besonders durch grössere Breite und leichtern Bau. Sie gehen leer nur 10 Zoll tief und laden auf 1 Zoll Einsenkung ungefähr $2\frac{1}{2}$ Last. Bei der Einsenkung von 8 Fuss konnten daher die alten Schiffe nur 36 Last ladend, die neuern mit 62 Last befrachtet werden.

Durch Regulirung eines Stromes wird abgesehen von den Vortheiln und von der wirklichen Vertiefung des Fahrweges auf andre Art die Vergrösserung der Ladungen bezweckt. Eine stark gekrümmte und dabei zugleich enge Rinne lässt sich nicht mit Sicherheit von den Schiffen verfolgt werden.

Ich ist dieses während der Thalfahrt der Fall, da das Schiff das Wasser nur wenig relative Bewegung hat und daher nicht steuert. Aber auch bei der Bergfahrt ist der Schiffer oft im Stande, die tiefste Rinne inne zu halten, wenn dieselbe von der Richtung des Leinenzuges abweicht. Damit nämlich die Leine, die immer in derjenigen Richtung zieht, in welcher sie gespannt ist, das Schiff nicht gegen das Ufer treibt, das Straerruder soweit umgelegt werden, dass das Schiff in Augenblicke sich eben so weit vom Ufer entfernt, als es durch die Leine herangezogen wird. Hierdurch nimmt es häufig eine schräge Stellung gegen den Strom an, die nicht nur einen starken Zug bedingt, sondern auch eine grosse Breite des Wassers erfordert, die oft gar nicht vorhanden ist. Dabei ist der Umstand von grosser Wichtigkeit, dass das Schiff in dem Falle durch die am Maste befestigte Leine sich seitwärts, der flache Boden, der beim freien Schwimmen horizontal und daher an beiden Seiten sich in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel befindet, neigt sich zugleich mit dem Schiffe stark wärts und taucht an der Seite, welche dem Leinpfade zugekehrt leicht 4 bis 6 Zoll tiefer ein, als bei horizontaler Lage. Hierdurch erklärt es sich, dass die Schiffer auf nicht regulirten Flüssen die Fahrzeuge immer weit weniger tief beladen, als die vorhandene Wassertiefe zu gestatten scheint.

Wird sonach die Regulirung eines, bisher nicht selbst flussenen Stromes vorgenommen, so vergrössert sich der Nutzen der Tiefgang der Schiffe in dreifacher Beziehung: nämlich in der Veränderung im Bau der Schiffe und in der Richtung der tiefsten Rinne gewinnt man oft einen vollen Fuss, und wenn zudem die Wassertiefe in der Fahrrinne sich noch vergrössert, auf den flachsten Stellen vielleicht um einen halben Fuss zu, so stellt sich ein Resultat heraus, welches den entschiedensten Einfluss auf die Schiffahrt und die Frachtsätze äussert, und welches gemeinhin die Kosten der Regulirung überreichlich deckt. Die hinreichende Tiefe ist indessen nicht das einzige Erforderniss eines sichern und bequemen Fahrwassers. Ausserdem müssen dasselbe gehörige Breite haben und von scharfen Ecken und Wunden frei sein. Endlich aber dürfen darin keine zu grossen Stromschnellen vorkommen. Nicht selten vereinigen

sich an einzelnen Stellen alle hier erwähnte Mängel, und die Abhülfe durch Stromregulirung ist alsdann am dringendsten. Wenn das Hochwasser namentlich vor den Mündungen von Seitenarmen hohe Kies- und Sandbänke unregelmässig aufwirft, so ist die Fahrrinne bei kleinem Wasser gemeinhin gekrümmt und tief und oft zugleich sehr armhal. In Folge dieser Beschränkung des Profiles kann die ganze Wassermenge des Stromes nicht hindurchfliessen, als bis durch Anschwellen des Oberwassers die entsprechende Geschwindigkeit dargestellt ist. Auf diese Art entsteht an solchen Stellen auch ein starkes Gefälle und eine heftige Strömung, wodurch die Bergfahrt erschwert und die Thalfahrt gefährdet wird. Besonders wird die Gefahr sehr gross, wenn Felsbänke unterhalb solcher Stromschnellen liegen, oder felsige Ufer vorrücken.

Schon früher (§. 73) sind die Methoden angegeben, wodurch dergleichen Schifffahrts-Hindernisse sich beseitigen lassen und es ist auch erwähnt, dass ein starkes Gefälle verbunden mit starker Strömung, so lange es innerhalb gewisser Grenzen bleibt, noch immer als wesentliches Schifffahrts-Hinderniss angesehen wird. Auf der Saar und Mosel werden Gefälle von 1:500 noch ohne grosse Mühe und ohne besondere Beschwerde überwunden, besonders wenn immer zwei Schiffe die Bergfahrt gemeinschaftlich machen und die Pferde von beiden an solchen Stellen vor je ein einzelnes Schiff gespannt werden. Dabei ist es aber nothwendige Bedingung, dass die Stromschnelle theils an sich gerade ist, theils aber auch das Fahrwasser weiter abwärts dieselbe Richtung behält, und sonach das Schiff, sobald es die Stromschnelle verlässt, nicht sogleich eine scharfe Drehung machen darf. Endlich ist in diesem Falle auch der Leinpfad besonders bequem sein und parallel und möglichst nahe am Fahrwasser liegen. Alsdann ist der starken Strömung unerachtet die Thalfahrt noch als sicher betrachten, und wenn die Bergfahrt auch mit Zeitverlust verbunden ist und eine besonders starke Anstrengung der Pferde erfordert, so findet doch keine vollständige Unterbrechung der Fahrt und wirkliche Gefahr für Schiffe oder Pferde statt, und der Uebelstand wird daher von den Schiffen gewöhnlich nicht als erheblich angesehen.

In manchen Fällen kommt man der Schifffahrt dadurch zu Hülfe, dass man zur Zeit der Dürre künstliche Anschwellungen erzeugt. Dieselben können indessen von keiner

Dauer sein, weil es an dem dazu erforderlichen Wasserquantum fehlen würde. Man begnügt sich daher, durch den kräftigen Ausfluss aus dem Oberwasser einer Mühle oder einer sonstigen Anlage eine einzige Fluthwelle zu bilden, die sich ziemlich schnell stromabwärts bewegt und einen hohen, für die Schiffahrt geeigneten Wasserstand mit sich führt. Die in der Thalfahrt verkehrenden Schiffe, welche sich eben so schnell, wie diese Fluthwellen bewegen und stets auf deren Scheitel bleiben müssen, finden daher überall hinreichend tiefes Fahrwasser und können auf diese Weise ganz ungehindert fahren.

Zur Erleichterung der Holzflösserei werden dergleichen künstlichen Anschwellungen auch in Deutschland häufig ausgeführt: in solchen Gegenden beruht darauf die Flösserei sogar ausschliesslich. Im Schiffahrts-Interesse ist dieses Verfahren bei uns ziemlich selten, weil dessen Einführung und Benutzung in der Regel nur unter ganz besondern Umständen möglich ist. Zunächst nämlich der Frachtverkehr nur stromabwärts gerichtet sein, es muss eine Stau-Anlage bestehen, durch welche man bei hohem Wasser die Zuflüsse ansammeln und plötzlich dem Strome ablassen kann, auch muss das Bette in der ganzen zu befahrenden Strecke ziemlich geschlossen bleiben, da bei grosser Verengung desselben die Anschwellung nicht mehr die erforderliche Höhe erreichen würde. Endlich aber dürfen die Schiffe bei den stromabwärts vorkommenden Stau-Anlagen keine Kammerbojen passieren, weil dadurch ein so grosser Zeitverlust entsteht, dass sie die Fluthwelle nicht mehr einholen könnten. So viel mir bekannt, ist diese Methode zur Erleichterung der Schiffahrt unter allen Preussischen Strömen allein auf der Berkel eingeführt. Die Berkel ist von Vreden bis zur Niederländischen Grenze ein so unbedeutendes Flösschen, dass man kaum glaubt, wie auf demselben Schiffahrt betrieben werden kann. Der ständige Mangel an fahrbaren Strassen und der Werth der nach und in grosser Menge gehenden Waaren, vorzugsweise Töpferwaaren, die in Vreden und der Umgegend fabricirt werden, haben seit langer Zeit das in Rede stehende Mittel zur Darstellung eines Wassertransportes hier versuchen lassen, und wenn die ganze Anordnung sehr roh war, so zeigte sie sich dennoch so vortheilhaft, dass man davon regelmässig mehrmals im Jahr, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

Jahre Gebrauch machte. In neuester Zeit ist durch die Anlage einer Stauschleuse der Verkehr etwas erleichtert. Ich beginne mit der Beschreibung des früher hier üblichen Verfahrens am Anfang machen, doch ist es nothwendig, die localen Verhältnisse soweit sie hierbei in Betracht kommen, vorher anzudeuten.

Bei Vreden liegt eine bedeutende Mühle, die von der Berkel betrieben wird und etwa 12 Fuss hoch das Wasser aufsteigt. Weiter unterhalb, wenigstens bis zur Niederländischen Grenze, befindet sich keine Mühlen-Anlage an diesem Flusse. Das Bett der Berkel ist 16 bis 20, stellenweis auch wohl 24 Fuss breit und, wo es nicht höhere Ufer berührt, etwa 3 Fuss im Wiesengrunde eingeschnitten. Der gewöhnliche Wasserstand darin beträgt weniger als 1 Fuss und stellenweise misst die Tiefe nur einige Zolle. Für die Regulirung des Flusses ist hier noch niemals etwas geschehn, woher derselbe fortwährendes Veränderungen unterworfen ist. Die Ufer sind überall sandig; sobald der Anstoss des Stromes sie trifft, stürzen sie daher ein, aber in kleinen Maasse bildet sich gegenüber auch Verlandung, woher die Berkel keine dauernde Veränderung erleidet. Die Niederländische Grenze ist etwa $1\frac{1}{2}$ Meilen von Vreden entfernt, und das Gefälle beträgt für diese Strecke nahe 40 Fuss. Nicht weit unterhalb der Grenze bei Eiberge befindet sich eine Stauschleuse, welche bis zur Landesgrenze zurückstaut, woher die Schiffe von hier ab hinunter des Fahrwasser antreffen.

Die Schiffe sind ziemlich roh mit senkrechten Seitenwänden und in derselben Form gebaut, wie man sie in den südlichen Provinzen von Holland auf kleinen Gewässern gewöhnlich sieht. Sie sind ohne das Steuer 36 Fuss lang, an der Stelle, wo der Mast steht, 7 Fuss breit, doch ist die Breite der hintern Hälfte bedeutend geringer. Sie tauchen, wenn sie beladen sind, nur 2 Fuss tief ein und laden alsdann gegen 200 Centner.

Diese Fahrzeuge hebt man, nachdem sie zur Zeit des hohen Wassers bis Vreden zurückgebracht sind, aus dem Flussbette, und stellt sie neben demselben auf dem Wiesengrund auf. Sie werden hier auch beladen, da sie im Flussbette doch nicht schwimmen würden und sonach daselbst mehr, als auf der Wiese leiden könnten, was man für ihre gleichmässige Unterstützung vollständig Sorge tragen kann. Sobald dreissig bis vierzig Schiffe in dieser Weise be-

sind, einigt man sich mit dem Müller darüber, dass er an zur Abfahrt bestimmten Tage früh Morgens die Freiarche und etwa eine Stunde hindurch das Oberwasser abfliessen lässt. Am Abende vorher begeben sich alle Schiffer, deren Zahl halb so gross ist als die der Schiffe, an eine nicht weit abgelegene Stelle des Flussthales, wo dasselbe besonders eng und zu beiden Seiten von höhern Ufern eingeschlossen wird. Diese Stelle des Thales wird gesperrt: eine Bohle, die man auf hohe Kante legt, schliesst zuerst das Bette. Rasen werden an beiden Seiten dagegen gepackt, und wenn die Packung bindende Höhe hat, so legt man auf die erste Bohle eine zweite, wieder Rasen davor und schüttet auch wohl Sand dagegen, man einen Damm von 5 bis 6 Fuss Höhe dargestellt hat, nicht nur das Flussbette, sondern das Thal vollständig sperrt. So der Abfluss des Wassers auf solche Art gehemmt wird, so schon während der Nacht einige Stauung an, aber dieselbe ist ausserordentlich zu, sobald am Morgen die Schützen der Freiarche geöffnet werden. Die ganze Wiese bis zu dem Damme ändert sich in einen See und die Schiffe, die darauf stehen, an zu schwimmen. Man schiebt sie möglichst schnell und dicht nahe zusammengedrängt gegen den Damm, und sobald sich demselben nähern, wird er durchstochen und von dem stürzenden Wasser auch sogleich zerstört. Der heftige Strom, sich bildet, reisst die Schiffe mit sich fort, und es kommt an, sie immer im Treiben und im stärksten Strome zu erleben, denn das Hochwasser verläuft sehr schnell. Ein Schiff, das festfährt, ist gewöhnlich nicht mehr schnell genug flott zu werden, es wird daher sogleich verlassen und steht bald auf der neuen Wiese, bis er nach mehreren Wochen oder Monaten bei nächster Schleusung seine Reise fortsetzen kann.

Weit vollständiger ist dieses System der Schiffahrt auf kleinern Flüssen in Frankreich ausgebildet, und deutlich wird es durch die beweglichen Wehre ausserordentlich erhellt. Letztere sind in solchen Abständen von einander aufgestellt, dass der Stau eines jeden die für leere Schiffe erforderliche Tiefe in der anstossenden obern Flussstrecke darstellt, wobei die Möglichkeit geboten wird, selbst die leeren Schiffe wieder aufzubringen. In Zwischenzeiten von zwei bis drei Wochen

wird gewöhnlich eine Fluthwelle herabgelassen, indem man sämmtlichen Wehre nach und nach öffnet, oder eine Senkung (*écluse*) bewirkt. Die sämmtlichen Schiffe, welche Fahrt mitmachen wollen, müssen zur Abreise fertig sein, und spannt man in der obersten Stromhaltung das Wasser zum vollständigen Verschluss des Wehres einen oder mehreren Schiffen hindurch an, bis die Schiffe schwimmen und gegen das Wehr geführt sind. Dieses wird alsdann geöffnet und die Schiffe treten mit der Fluthwelle zugleich in die zweite Haltung. Die daselbst befindlichen Schiffe vereinigen sich mit ihnen, und so fort. Hierbei findet der grosse Vortheil statt, dass die Fluthwelle nicht ununterbrochen und gleichmässig fortschreitet, sondern bei jedem Wehre angehalten wird, und sonach die etwa zurückbleibenden Schiffe Gelegenheit haben, die übrigen wieder zu holen. Wenn dieses Verfahren auch keinen regelmässigen Schiffsverkehr gestattet, und der Verkehr viel weniger bequem wird, als wenn der erforderliche Wasserstand fortwährend vorhanden wäre, so ist doch nicht zu leugnen, dass der abwärts gerichteter Gütertransport auf kleinen Flüssen durch dieses System auf die wohlfeilste Art möglich gemacht werden kann, und dieses System keineswegs verwerflich ist.

Will man grössere Kosten auf die Anlage verwenden, lässt sich der für die Schiffahrt erforderliche Wasserstand leichter erhalten, wenn man Wehre in solcher Höhe ausführt, dass der grösste Theil des Gefälles durch sie aufgehoben wird. Man muss aber zur Seite jedes Wehres eine Schiffschleuse als ständige Vorrichtung zur Ueberwindung des Gefälles anbringen. Wenn in dieser Art die einzelnen Stromstrecken zwischen je zwei Wehren bei kleinem Wasser nur sehr wenig Gefälle behalten, so sagt man, dass der Strom kanalisirt sei. Auf diese Weise ist die Ruhr, sowie die Lippe und Lahn behandelt. Endlich aber kann man auch noch weiter gehen, und die Schiffschleusen-Kanäle neben jedem Wehre unter sich verbinden, durch die Schiffahrt ganz aus dem Flusshette gewiesen, und ein vollständiger Kanal zur Seite des Stromes entstehen. Dieses letzte Verfahren ist allerdings in der Anlage am theuersten, gewährt aber den grossen Vortheil, dass die geringste

zur Erhaltung der Schiffahrt genügt, und es empfiehlt sich vorzugsweise für kleine Flüsse. Es ist besonders in England sehr häufig angewendet.

Die oben angegebenen Erfordernisse der Schiffahrt stellen keineswegs auf allen Strömen in gleichem Maasse dar. Die Lage und Construction der Schiffe und die Art des Schiffahrtsbetriebes bedingen so wesentliche Verschiedenheiten, dass man die einmaligen Bedürfnisse in dieser Beziehung genau kennen muss, wenn man in einem bestimmten Falle das Project zur Stromleitung aufstellen kann. Einige Bemerkungen über den Betrieb der Flussschiffahrt dürfen daher hier nicht umgangen werden.

Nur auf solchen Strömen oder grössern Theilen derselben, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit des Wassers sehr geringe ist, pflegt sich die Segelschiffahrt vollständig auszuwirken. Dieses geschieht vorzugsweise in den untern Stromtheilen in weit ausgedehnten Ebenen, und namentlich wenn dasselbst Seen vorkommen, die das geschlossene Strombette unterbrechen oder in schiffbarer Verbindung mit demselben stehen. Von solchen Stromtheilen, die einem starken Wechsel der täglichen Wasserstände ausgesetzt sind, ist hier indessen noch nicht die Rede: sie vielmehr in hydrotechnischer Beziehung schon als Theile des Strombettes anzusehen und werden daher später behandelt werden. Allgemein ist das Segel bei den Flussschiffen nur ein untergeordnetes Hilfsmittel zur Bewegung. Es wird unter günstigen Umständen wohl benutzt, um die Fahrt etwas zu beschleunigen, den Leinwandzug zu erleichtern, auch wohl um den letzteren ganz entbehrlich zu machen: ausserdem dient es zur besseren Steuerung des Schiffes, wenn aber auch kein Wind vorhanden ist, und sonach das Segel nicht gebraucht werden kann, oder andere Umstände die Benutzung desselben verhindern, so werden dennoch die Fahrten fortgesetzt, indem der Antrieb auf andere Kräfte basirt ist, die weniger vom Zufall abhängig sind.

Für die Thalfahrt giebt der Strom selbst die bewegende Kraft. Das Schiff nimmt sehr bald nicht nur die Geschwindigkeit des Wassers, sondern sogar eine etwas grössere an (§. 63.), dieser Umstand ist in sofern überaus vorthellhaft, als der Unter-

schied zwischen beiden eine relative Bewegung des Schiffes das Wasser verursacht, von der allein die Wirksamkeit des Ruderers abhängt. Diese relative Bewegung ist indessen nur sehr geringe, und daher folgt das Schiff bei der Th im Allgemeinen nur sehr unvollständig und langsam dem Ruder. Es treten ausserdem zwei Umstände hinzu, welche die Führung des Schiffes dabei noch erschweren. Der erste ist darauf, dass das Schiff, eben weil es das Moment der vollständiger als das Wasser conservirt, beim Passiren Krümmungen sehr stark der tangentialen Richtung folgt, hier leicht an das concave Ufer geworfen wird. Ausserdem nimmt das Schiff bei der Bewegung des Steuers zuerst eine Richtung an, und zwar in der Art, dass sein Hinterruder derjenigen Seite ausweicht, von der man es entfernen will; am weitesten tritt alsdann das Steuerruder selbst an das Ufer vor. Sobald dieses aber den Grund berührt, oder gar das Ufer oder das Ufer stösst, so wird es nicht nur an der freien Bewegung gehindert, sondern es wirkt sogar als Hebel, und das Schiff fällt seiner ganzen Länge nach auf das Ufer. Hierbei pflegen die langen Steuerruder häufig so hoch gehoben zu werden, dass sie abbrechen; daher die Einrichtung getroffen, dass die Ruder nicht an festen Axen beweglich sind, sondern die Form und Befestigung eines gewöhnlichen Riems erhalten, welches man leicht aus dem Wasser heben kann. Sie heissen alsdann Streichruder. Die Handhabung ist bedeutend schwieriger, aber sie sind viel wirksamer, indem man sie förmlich wie gewöhnliche Ruder wiederholentlich ausheben und daher die Drehung des Schiffes viel schneller bewirken kann. Es darf kaum werden, dass die Drehung des Schiffes nicht mit der Richtung der Fahrt verwechselt werden darf, und dass nur die mittelbare und oft sehr unvollständige Folge der

Indem das Steuerruder bei der Thalfahrt wenig Wirksamkeit besitzt, so wendet man noch verschiedene andere Mittel zur Lenkung des Schiffes an. Hierher gehört zunächst das Segel. Sie dienen entweder unmittelbar dazu, das Schiff auf die dem Winde abgekehrte Seite zu drängen, oder

er nur, um seine Bewegung zu beschleunigen und dadurch die relative Bewegung gegen das Wasser zu vergrößern oder die Wirksamkeit des Ruders zu vermehren. Bei breiten Strömen und entgegenstehendem schwachen Winde kommt es auch vor, dass die Schiffe ganz quer gegen den Strom gestellt werden, und man sie steuert, indem man den Segeln solche Richtung giebt, dass sie das Schiff nach vorn oder nach hinten treiben, und dadurch dasselbe dem einen oder dem andern Ufer nähern. Dieses Manöver ist indessen beim Begegnen von Schiffen häufig sehr lästig und sogar gefährlich, woher es am passendsten ganz verboten wäre.

Auf manchen Strömen wie z. B. auf der Weser ist der Gebrauch der Segel bei der Thalfahrt gar nicht möglich, da nach den localen polizeilichen Vorschriften der Mast nur bei der Bergfahrt aufgestellt sein darf, bei der Thalfahrt aber niedergelegt werden muss. Diese Bestimmung ist im Interesse des Landverkehrs und der Fähranstalten erlassen und hat vorzugweise den Zweck, das vielfache Herablassen der Fährleinen zu vermeiden.

Ein andres Mittel zur Vergrößerung der relativen Geschwindigkeit des Schiffes ist der Gebrauch langer Rieme oder Ruder, die in gleicher Art, wie bei Böten seitwärts ausgelegt und gehandhabt werden. Ferner gehört hierher die Anwendung von Haken und Stangen, die man gegen das Ufer oder auch wohl gegen die Sohle des Flussbettes stößt. In manchen Fällen erfordert dieses letzte Mittel eine übermässige und wahrhaft überraschende Kraft-Anstrengung und Geschicklichkeit der Schiffer. Der gegen das obere Ende der Stange ausgeübte Druck lässt sich aber nach unmittelbar auf das Schiff übertragen, so dass dieses sich mit seinem ganzen Gewichte darauf stützt, und indem die Stange oder in diesem Falle vielmehr der Baum seitwärts ausgesetzt war, nach der entgegengesetzten Seite abfällt und dadurch sehr schnell seine Richtung verändert. Ein solcher Baum heisst der Schurbaum: derselbe kommt unter den Preussischen Strömen wohl nur auf der Saar und Mosel vor. Seine Wirkung ist überaus kräftig, aber er stellt auch das Fahrzeug auf eine harte Probe und dasselbe leidet dabei übermässig. Sein Gebrauch beruht darauf, dass sein untres Ende schräge nach vorn und nach derjenigen Seite, von welcher man das Schiff abhalten will, auf

den Grund gesetzt wird. Das obere Ende muss dagegen mit dem Schiffe in eine feste Verbindung gebracht werden. Indem letzteres sich in der Richtung der Fahrt fortbewegt, nähert sich die Richtung des Baumes der vertikalen Stellung, wodurch das Seil auf dieser Seite etwas gehoben wird, und insofern der Baum ab dann nach Maassgabe seiner Einstellung seitwärts geneigt ist, fällt er nach eben dieser Seite herab und drängt dabei das Seil in gleicher Richtung fort. Bei kleinen Schiffen besteht die Vorrichtung zur Befestigung des Schurbaumes nur in einigen Pollen (Köpfen der Inhölzer), die über das Bord an jeder Seite herüberreichen. An diese Poller sind starke Tauen gebunden. Das obere Ende eines solchen schlingt man etwa dreimal um den Schurbaum und umspannt mit der Hand möglichst fest die letzte Windung des Taus. Für grössere Schiffe ist diese Befestigungsart nicht genügend, es sind vielmehr an der äussern Schiffswand möglichst hoch sowohl vorn, als hinten und zwar an beiden Seiten Bohlen befestigt, worin abwärts gekehrte Zahnschalen sich befinden. In einen der letztern schiebt man jedesmal den Kopf des Schurbaumes, nachdem dieser bereits ausgesetzt ist, und hebt alsdann sehr sicher das Schiff, und drängt es zur Seite.

Ein anderes Mittel zur bessern Steuerung besteht darin, dass man den nöthigen Unterschied zwischen der Geschwindigkeit im Wassers und des Schiffes durch Zurückhalten des letzten hervorbringt. Dieses geschieht häufig bei Durchführung der Schiffe durch schmale Brückenöffnungen, indem ein leichter vierarmiger Anker oder ein sogenannter Dragger an das Hintertheil des Schiffes gehängt wird. Derselbe durchfährt den Grund und verursacht soviel Widerstand, dass das Wasser dem Schiffe stark voraneilt, und der daraus entstehende Stoss oder Druck das Manöver zur schärfern Steuerung bietet. Die Bewegung des Stenors muss in diesem Falle, indem die relative Bewegung des Schiffes negativ geworden ist, in entgegengesetztem Sinne erfolgen. Dieser Umstand giebt leicht zu Irrungen Veranlassung, und ausserdem verursacht der Dragger auch nach der Beschaffenheit und selbst nach der Tiefe des Grundes einen sehr verschiedenen Widerstand, woher dieses Manöver im Falle einer wirklichen Gefahr nicht die nöthige Sicherheit bietet. Alsdann wird vielmehr ein schwerer Anker auf das Ufer gesetzt, oder daseibst auf andre Art ein Tau

festigt, welches hinreichend stark ist, um das Schiff zu halten. Das Tau selbst liegt im Schiffe und ist zweimal um einen Poller geschlungen, woher durch mässiges Anziehen des hintern Endes eine hinreichende Reibung entsteht, um die Kraft des Stromes zu überwinden. Ein einzelner Mann kann auf diese Art die Bewegung des Schiffes reguliren, und so lange er sie nicht gross werden lässt, kann er sie auch jeden Augenblick ganz unterbrechen und das Schiff zum Stillstande bringen. Es kommt indessen hierbei natürlich auch darauf an, das Schiff durch das enge und vielleicht sehr unregelmässige Fahrwasser sicher zu führen. Durch blosses Absetzen mit Stangen ist dieses gemeinhin nicht möglich, weil der Strom gerade an diesen Stellen besonders heftig zu sein pflegt. Die grosse relative Geschwindigkeit des Wassers gegen das Schiff bietet indessen das Mittel zu einer sehr gewissen Steuerung. Das Steuerruder würde in diesem Falle aber nur wenig nützen, wenn es sich an demjenigen Ende des Schiffes befände, welches dem Stosse des Wassers zugekehrt ist, auch würde seine Bewegung durch das Tau selbst, woran man das Schiff herablässt, gehindert werden. Es bleibt also nichts übrig, als das Schiff zu wenden und es gegen den Strom zu kehren, so dass es dieselbe Stellung annimmt, als wenn es in der Bergfahrt begriffen wäre. Das zweimalige Umdrehen des Schiffes, so wie das Ausbringen und Einholen des Ankers und Taues, welches in diesem Falle nothwendig wird, verursacht bei der schwachen Bemannung der zu Thal fahrenden Schiffe gewöhnlich einen Aufenthalt von mehreren Stunden, woher die Schiffer solche Stellen, wo dieses Manöver angewendet werden muss, als wirkliche Schiffahrts-Hindernisse zu bezeichnen pflegen. Diese Ansicht rechtfertigt sich auch dadurch, dass während der Zeit des langsamen Durchtreibens kein Begegnen stattfinden darf, und sonach eine Sperrung des Fahrwassers eintritt, die oft eine Stunde lang dauert.

In manchen Fällen und besonders wenn die Fahrten beschleunigt werden müssen, ist die Kraft des Stromes zur Bewegung des Schiffes nicht genügend. In denjenigen Strecken, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit sehr geringe ist, also in den Pfulen oder Wogen (§. 55) wiederholt sich dieser Uebelstand am häufigsten und er wird besonders stö-

rend, wenn der Wind gerade stromaufwärts gerichtet und mehr oder weniger sehr stark ist. Es kann alsdann leicht geschehen, dass das Schiff gar nicht weiter kommt, vielleicht sogar gegen den Strom getrieben wird, und jedenfalls steuert es unter diesen Umständen sehr schlecht. Man hilft sich alsdann durch Fortschieben vieler Stangen oder es wird auch die Zugleine ans Ufer gebracht und Menschen oder selbst Pferde davor gespannt. Hierbei stellen sich indessen vielfache Hindernisse ein. Die Leine wird nämlich in einer Richtung gezogen, die dem gewöhnlichen Zuge entgegengesetzt ist, sie bleibt daher häufig hängen und selbst an solchen Weidenbüschen, welches bei der Bergfahrt gar nicht hinderlich ist, weil alle Zweige, die dem gewöhnlichen Leinenzuge entsprechende Richtung angenommen haben. Dieses Hängenbleiben wird noch durch den Umstand befördert, dass die Leine nur oberhalb gespannt ist und daher tiefer herabhängt, als bei der Bergfahrt, stellenweise aber der stärkere Strom das Schiff sogar noch vortreibt, als die Menschen oder Pferde gehn. Endlich giebt es noch jedesmal eine sehr unangenehme Collision, wenn das abwärts gezogene Schiff einem Bergschiffe begegnet. Gewöhnlich muss in diesem Falle die Leine des ersten nicht nur abgelöst, sondern ganz eingeholt und demnächst wieder ausgebracht werden. Aus diesen Gründen werden nur in seltenen Fällen Leispferde bei der Thalfahrt benutzt. Der Schiffer hilft sich vielmehr, soweit es geschehn kann, mit seiner eignen Mannschaft oder legt an das Ufer an und wartet das Nachlassen des hinderlichen Windes ab.

Endlich ist noch zu erwähnen, in welcher Art das in der Thalfahrt begriffene Schiff angehalten werden kann. Jedes Schiff, welches an das Ufer gelegt werden oder im Strome ankern soll, muss in solche Richtung gebracht werden, dass sein vorderes Ende dem Strome zugekehrt ist. Dieses ist nicht nur sehr halb nothwendig, weil der Vordertheil am leichtesten das Wasser durchschneidet, und daher das Schiff in dieser Richtung am schwächsten stromabwärts gezogen und Anker und Tauen am wenigsten angegriffen werden, sondern vorzugsweise geschieht, weil die Bewegungen beim Anlegen und Abfahren nur in diesem Falle durch das Stenerruder gehörig unterstützt und regulirt werden können. Das in der Thalfahrt begriffene Schiff muss also, ehe es anlegt, gedreht werden. Dieses geschieht gemeinlich

dem es so gesteuert wird, dass seine Spitze in einen Theil des Strombettes tritt, wo die Strömung nur schwach ist, während der hintere Theil desselben im stärkern Strome bleibt. Letzterer wird von diesem abwärts getrieben und so erfolgt die Wendung von selbst, man befördert sie aber, soweit es nöthig ist, noch durch Aussetzen von Stangen, oder auch wohl durch Anwendung des Schurbaumes. Wenn das Schiff nicht schwer beladen und zugleich stark gehaut ist, pflegt man es auch wohl mit dem Vordertheile seitwärts auf Untiefen aufzusetzen oder es gegen das Ufer stossen zu lassen: in beiden Fällen dreht der Strom in der beabsichtigten Weise es sehr schnell, und dabei wird zugleich die Vortschreitende Bewegung des Schiffes so gemässigt, dass der Anker geworfen, oder die Leine ans Land gebracht werden kann. Unter allen Umständen darf man aber nicht plötzlich die Bewegung des Schiffes unterbrechen wollen, wobei das Tau unfehlbar zerreißen würde. Man schlingt dieses vielmehr ein- oder zweimal um den Poller und lässt es so lange schwach auslaufen, bis das Schiff nach und nach zum Stillstande kommt. Alsdann erst wird das Fange- oder Ankertau vollständig befestigt.

Bei der Bergfahrt ist die Bewegung des Schiffes, so wie das Manöver zum Anlegen wesentlich verschieden. Das Segel wird häufiger benutzt, als bei der Thalfahrt, doch nur bei günstigem Winde und mässiger Strömung genügt es allein zur Ueberwindung der letztern und zum Forttreiben des Schiffes. Gemeinhin dient es nur zur Erleichterung des Zuges. Auf allen Strömen, wo kein bequemer Leinpfad für Pferde eingerichtet ist, ist die Bergfahrt sehr beschwerlich und kostbar. Man hilft sich alldann, sobald der Wind nicht genügt oder gar nicht benutzt werden kann, durch Schieben mittelst Stangen, oder auch wohl durch einen Leinenzug, der aber nur stellenweise und zwar durch Menschen ausgeübt werden darf. Wie gross in diesen Fällen auch die Kräfteäusserung der Menschen ist, indem sie sich übermässig neigen und oft ihren Körper nahe in horizontale Richtung bringen, so rückt das Schiff doch immer nur sehr langsam vor. Die Schiffe müssen aber, wenn sie durch Schieben bewegt werden sollen, an beiden Seiten mit Gangborden versehen sein, die nach vorn stark ansteigen. Die Leute, welche diese höchst anstrengende Arbeit ausführen, gehn Einer nach dem Andern auf den vordern

oder höchsten Theil des Gangbordes, setzen hier die Schiebungen gegen die Sohle des Flussbettes, und wenn das Schiff soweit vorgerückt ist, dass die Stange eine starke Neigung angenommen hat, so lehnen sie die Schulter auf die Krücke am obern Ende derselben und drücken mit aller Kraft dagegen, indem sie langsam auf dem Gangborde bis zu dessen Ende weiter gehn. Die Neigung des Gangbordes bietet hierbei eine grosse Erleichterung und namentlich in sofern als die Arbeiter selbst sich stark anstrengen müssen, um durch das Gewicht ihres Körpers den erforderlichen Druck hervorzubringen. Aus diesem Grunde erheben sich die vordern Enden der Schiffe, welche auf diese Art zu fahren pflegen, zu hohen und weit vortretenden Spitzen, oder der sogenannten Kaffen. Hierdurch wird aber das Passiren von Brücken erschwert, so wie auch die Schleusen, durch welche solche Schiffe gehn, eine übergrosse Länge haben müssen. Man richtet die Kaffen daher in neuerer Zeit häufig so ein, dass ihr äusserster Theil nur mittelst eines Charnieres befestigt ist und zurückgeklappt werden kann. Das beschriebene Manöver ist bei der Elb- und Oderkähnen das gewöhnliche, und die Geschwindigkeit womit sie ohne Anwendung der Segel gegen den Strom fahren, beträgt, obgleich letzterer nur mässig ist, nicht leicht über einen Fuss in der Secunde, und ist stellenweise noch geringer, wobei sie, wenn der Wind nicht günstig ist, an einem Tage nicht viel mehr als eine Meile zurücklegen.

Es ergibt sich hieraus schon der ausserordentliche Nutzen, den gehörig eingerichtete Leinpfade dem Schifffahrtbetriebe gewähren, indem die Kraft der Pferde viel wohlfeiler, als die der Menschen ist. Man muss freilich zugeben, dass der Leinweg durch Pferde für die Uferbesitzer höchst lästig ist, und daher übermässige Schwierigkeiten und Entschädigungs-Forderungen gemacht werden, wenn man ihn an einem Strome einrichten will, wo er bisher nicht bestand. Nur in dem Falle, wenn grosse Seen den Stromlauf unterbrechen, verbietet sich von selbst die Anlage eines ununterbrochenen Leinenzuges, und wenn nicht Dampfboote die Schiffe stromauf- oder abwärts schleppen, sind sie vorzugsweise auf den Gebrauch der Segel gewiesen.

Ueber die Erfordernisse des Leinpfades und selbst der dazu gehörigen Anlagen wird im Folgenden ausführlicher die Rede

ein; hier sollen nur einige Bemerkungen über die Bergfahrt mit Benutzung des Leinenzuges mitgetheilt werden.

Die Zugleine wird am Maste befestigt und zwar in solcher Höhe, dass sie, soweit es geschehen kann, nicht auf dem Grunde schleppt, und wenigstens nicht die Sohle des Flossbottes berührt, da sie hier gar zu leicht hängen bleiben könnte. Man verkürzt deshalb die Leine auch jedesmal soweit, als irgend geschehen kann, sie muss aber so lang bleiben, dass der Zug nicht gar zu schräge ausgeübt wird, wodurch derselbe, wie bereits erwähnt, wegen der schrägen Stellung des Schiffes zu sehr erschwert werden würde. Sobald also das Fahrwasser sich vom Leinpfade entfernt oder gegen dessen Richtung stark divergirt, muss die Leine verlängert werden, sowie sie entgegengesetzten Falls sogleich verkürzt wird. Entfernt sich das Fahrwasser aber sehr weit vom Leinpfade, so taucht die Leine, obgleich sie möglichst hoch am Maste heraufgezogen ist, dennoch nicht nur in das Wasser, sondern vermöge ihres Gewichtes sinkt sie darin sogar tief herab und berührt wohl gar den Grund. In diesem Falle ist theils das Hängenbleiben der Leine sehr zu besorgen, theils aber entfernt schon der Druck des Wassers die Leine aus der geraden Richtung und dadurch wird der Zug, den das Schiff erfährt, noch stärker dem Ufer zugekehrt, woher es mehr abgewendet und folglich seine Bewegung aufs Neue erschwert werden muss. In solchem Falle verhindert man das tiefe Bintauchen der Leine dadurch, dass man in gewissen Entfernungen Kähne oder sogenannte Buchtnachen darunter legt. In jedem dieser Nachen muss ein Mann sich befinden, der die Leine hält und darauf achtet, dass sie möglichst gleichmässig unterstützt ist und nirgend hängen bleibt. Dieses Verfahren ist an manchen Stellen auf dem Rhein nothwendig, und man sieht daselbst bei kleinem Wasser, wobei der Uebelstand immer am grössten ist, drei und zuweilen noch mehr Buchtnachen neben einander unter der Leine fahren.

Die Führer der Leinpfeder erkennen sehr wohl den grossen Vortheil, den die möglichste Uebereinstimmung der Richtung der Leine mit der des Schiffes gewährt. Sie bleiben daher keineswegs immer auf dem Leinpfade, sondern nähern sich immer, soweit es geschehen kann, dem Fahrwasser. Sie reiten auch, wo es nicht bestimmt verboten ist, über alle Alluvionen und Uferränder fort

und sogar häufig auf lange Strecken im Flusse selbst, und wenn diesen Weg nicht, wenn auch stellenweise die Tiefe so bedrückt wird, dass die Pferde fast schwimmen. Die Pferde können aber wenn sie tief im Wasser gehen, keinen starken Zug ausüben und dieses geschieht auch zuweilen auf dem eigentlichen Leinpfade, wenn derselbe nahe rechtwinklig gegen die Leine gerichtet ist. In solchem Falle würden die Pferde unschlüssig durch den Zug der Leine stromaufwärts gerissen werden, wie dieses in der That auch zuweilen geschieht. Man vermeidet die Gefahr dadurch, dass man nicht die sämtlichen Pferde an dieselbe Leine spannt, sondern sie in zwei auch wohl drei Gruppen hinter einander gehen lässt, deren jede eine besondere Zugleine hat. Ab dann kommt es nur darauf an, das eine Gespann kräftig antreiben, während das andre nicht anziehen darf.

Bei sehr gekrümmten Fahrwassern wird es zuweilen auch nöthig, eine besondere Zugleine oder die sogenannte Hülfsleine an das hintere Ende des Fahrzeuges zu befestigen, um ein starkes Abtreiben desselben zu verhindern. Solche Hülfsleinen werden gewöhnlich nur von Menschen gezogen, wiewohl zuweilen auch Pferde davor gespannt werden. Wenn der Strom indessen regulirt ist, kommen Fälle dieser Art nicht vor, und überhaupt findet der Leinenzug durch Beseitigung der scharfen Krümmungen im Fahrwasser eine ausserordentliche Erleichterung. Während des Baues selbst und unmittelbar nachher, besonders wenn vor dem Leinpfadsufer lange Buhnen in den Strom gehaut werden, entstehen freilich häufig manche Schwierigkeiten für den Leinenzug, und die Schiffer pflegen hierüber besonders stark zu klagen. Bei der bald eintretenden Verlandung zwischen den Buhnen kann man indessen nach wenig Jahren den Leinpfad weiter vorlegen und dadurch dem Bedürfnisse der Schiffahrt aufs vollständigste genügen. Während der Uebergangs-Periode selbst lässt sich eben so wenig, wie während des Umbaues einer Strasse die möglichste Bequemlichkeit erreichen, und gemeinhin wird die Klage auch nur deshalb erhoben, weil die Schiffer meinen, man habe einen dauernden Uebelstand eingeführt. Wenn hierbei die Frage entsteht, wieweit man das neue Fahrwasser von dem bestehenden Leinpfade entfernen darf, ohne realen Grund zur Beschwerde zu geben; so wird im Allgemeinen derjenige Abstand noch ab

sig angesehen werden dürfen, der auf andern Strecken des Stromes sich vorfindet, und wenn in der neu verbaute der Strom oder vielleicht auch der herrschende Wind die Leine besonders stark gegen das Ufer, also an die Bühnenköpfe, so muss man durch Einrichtung eines Hülfsleinpfadcs auf dem gegenüber liegenden Ufer die Fahrten so lange zu verlangsamen suchen, bis der Hauptleinpfad näher an das Fahrwasser gelegt werden kann. Es muss indessen bei jeder Stromregulirung als Hauptregel angesehen werden, das Fahrwasser, so es irgend geschehn kann, an das Leinpfadcufer zu bringen und die Einengung an der entgegengesetzten Seite vorzunehmen. Das Schiff, welches vor der Leine fährt, steuert im Allgemeinen sehr scharf, weil die relative Geschwindigkeit gegen das Ufer gleich der Summe beider Geschwindigkeiten, und daher gross ist, auch kann es wegen seiner mässigen Bewegung, immer sogleich durch den Stoss des Wassers aufgehoben wird, still angehalten werden. Nichts desto weniger erfordert dennoch die Führung des Ruders auch bei der Bergfahrt eine besondere Aufmerksamkeit und Vorsicht, namentlich wenn die Leine von der Richtung der Axe des Schiffes abweicht. Vergrössert man den Winkel zwischen beiden mehr als nothwendig ist, so kann man das Ruder zu weit überlegt, so fängt das Schiff sogleich an überzuscheeren oder zu gieren, und nimmt davon selbst eine noch mehr abweichende Richtung an. Der Widerstand des Wassers wird alsdann plötzlich stark vergrössert, und wenn die Leine das Schiff an dem Maste fasst, so legt sich ein überbordenes Schiff leicht so weit über, dass es Wasser schöpft, und ein grösseres, das mehr Stabilität hat, die Leinpfederde am Ufer reisst. Beides geschieht nicht selten auf unsern schiffbaren Strömen, und man begegnet der Gefahr im ersten Falle gewöhnlich dadurch, dass man die Zugleine sogleich abschneidet, die sie augenblicklich löst, doch ist letzteres nur möglich, wenn die Leine auf besondere Weise befestigt war.

In neuerer Zeit finden die Dampfschiffe auf den Strömen immer mehr und mehr Eingang. Sowohl bei der Berg-, als bei der Thalfahrt ist ihre Geschwindigkeit nicht auf diejenige der Segelschiffe beschränkt, sondern oft bedeutend grösser. Sie werden daher vorzugsweise zu schnellen Fahrten, also hauptsächlich

für den Personen-Verkehr benutzt. Sie gewähren ausserdem noch den Vorzug, dass sie auch bei höherm Wasserstande, wenn die Leinpfade bereits überströmt werden, noch fahren können und wegen der grossen Geschwindigkeit, mit der sie sich gegen das Wasser bewegen, sind sie immer scharf zu steuern. Lediglich sind sie vom Leinpfade unabhängig und können daher dem Fahrwasser verfolgen, wenn dasselbe sich auch weit von dem entfernt oder in seiner Richtung stark divergirt. Alle diese Umstände machen es möglich, durch Dampfschiffe einen so sicher und vom Zufalle unabhängigen Verkehr auf den Strömen darzustellen, wie dieses mit Segelschiffen nicht möglich ist. Die Lade- und Betriebskosten sind freilich für sie viel bedeutender, doch werden diese gemeinhin durch einen lothhaften Personen-Verkehr reichlich gedeckt. Für den Güterverkehr ist der Vorzug der Dampfschiffe auf Strömen weniger augenfällig: das Dampfschiff selbst kann gemeinhin keine grosse Lasten aufnehmen, weil es schon durch die Maschine und den erforderlichen Kohlenbedarf beinahe bis zur grössten zulässigen Einsenkung belastet wird und die Ruderräder nur bei einer bestimmten Einsenkung vortheilhaft wirken. Das Dampfschiff schleppt daher gewöhnlich andre Leinpfad-Schiffe, hinter sich her. Es scheint, dass selbst auf solchen Strömen, wo die Kohle wohlfeil ist, dennoch die Segelschiffe, in einem gehörig eingerichteten Leinenzuge, schwere Frachten wohlfeiler transportiren, als die Dampfschiffe. Der Leinpfad wird aber bei höhern Wasserständen unpracticabel, und es entstehen in diesem Falle leicht sehr lange Verzögerungen, die wieder die Transportkosten vergrössern, so wie überhaupt die Bergfahrten der Segelschiffe immer sehr langsam von statten gehn. Aus diesem Grunde treten die Dampfschleppschiffe häufig in Concurrenz mit den Segelschiffen, besonders wenn bei grösserer Ausdehnung eines solchen Unternehmens die Spedition damit verbunden wird und die Schleppschiffe eben so wie die Dampfschiffe Eigenthum der Gesellschaft sind. Es muss hier noch erwähnt werden, dass die Dampfschiffe mit gewöhnlichen Ruder-Rädern einen höchst nachtheiligen Einfluss auf die Ufer ausüben.

Für die meisten Ströme sind gewisse polizeiliche Vorschriften erlassen, um ein Zusammenstossen der sich bewegenden oder sich vorbeifahrenden Schiffe zu verhindern. Zum

Dieselben willkürlich, aber andern Theils sind sie hundertprocentig basirt, dass dasjenige Schiff, welches am sichersten steuert und am leichtesten angehalten ist, dem andern ausweichen muss. Das Holzflussboot lenksam: das Segelschiff, welches zu Thal fährt, eben am nächsten: dann folgt das Segelschiff, welches aufwärts fährt, und am leichtesten ist das Dampfschiff zu regieren. Es muss daher jedem andern aus dem Wege fahren. Das auf der Bergfahrt kann sich ausserdem nicht vom andern entfernen. Es kommt freilich vor, dass Dampfschiffe vor die Leine fortfahren, und dieses lässt sich auch vermeiden, indem das gegen den Strom gezogene Schiff, wenn es plötzlich aufhört und die Pferde angehalten werden, nicht die Geschwindigkeit des Stromes annimmt, sondern nach dem Momentes der Trägheit und der Stärke des Wasserschlags eine längere oder kürzere Zeit hindurch, aber wenigstens doch einige Minute lang, still liegen bleibt, und dieser Zwischenraum gross genug, um das andre Schiff passiren zu lassen. Weniger erfordert dieses Manöver eine grosse Präcision im guten Willen von beiden Seiten, woher es jedenfalls zu vermeiden und möglichst vermieden werden muss. Es sind gewöhnlich gewisse Signale, und zwar sowohl für den Tag, als für die Nacht vorgeschrieben, wozu die Annäherung eines Schiffes, sondern auch dessen Betriebsart bezeichnet wird. Bei hellem Wetter und auf den Stromstrecken sind solche Signale beinahe ganz überflüssig, aber um so nothwendiger werden sie in starken Stromschnellen und bei trüber Luft oder in der Dunkelheit. In Flussarmen, worin zwei Schiffe sich nicht begegnen können, muss man warten, bis das andere hindurch ist, und wenn es glücklich ankommen, geht das Thalschiff zuerst hindurch. In der Nacht kann man häufig solche Fahrwasser nicht vollziehen, woher das Signal auf dem Schiffe selbst zwecklos bleibt, sondern es bleibt nur übrig, sogenannte Wahrschauern auf dem Lande einzurichten, die von besonders angeordneten Leuten gehandhabt werden.

Auf der Nacht und eben so bei starkem Nebel ist der Fohrtbetrieb gemeinhin ganz verboten. Eine Ausnahme macht die Wasserbauk. II. 3. 2. Aufl.

davon machen nur die Dampfschiffe, und zum Theil Segelschiffe, welche bei einbrechender Dunkelheit die Reise zum nächsten Anlegeplatze fortsetzen. Beide müssen alsdann Signale führen, welche zugleich die Art ihrer Bewegung bezeichnen. Dasselbe ist auch nothwendig, wenn Schiffe an einem gewöhnlichen Landeplatze oder im Strome selbst still liegen.

Das Dampfschiff wird gemeinhin nur durch starken Rauch an der Fortsetzung der Fahrt gehindert, während es bei klaren Tagen einen grossen Theil der Nacht unterwegs ist und selten besondere Nachtfahrten macht. Es muss alsdann Signale führen, die es nicht nur als Dampfschiff bezeichnen, sondern gleich erkennen lassen, ob es still liegt, oder zu Berg oder Thal fährt.

Endlich sind gewöhnlich noch besondere Signale vorgegeben, wodurch ein Schiffer dem andern seine Absicht zu erkennen geben soll, dass er ihm vorbeifahren, oder ihn vorbeilassen oder dass er beim Begegnen auf derjenigen Seite bleibe, wo er nach den Vorschriften nicht bleiben sollte. Bei Willen beider Schiffer erkennt der Eine eben so leicht den Andre, auch wenn keine Signale dieser Art gegeben werden. In Verhältnissen: wenn dagegen der gute Wille fehlt, wird durch die Signale eine Collision nicht verhütet. Es wird daher durch die Vorschriften in der Regel wenig gewonnen. Bei den Collisionen und gegenseitigen Beschädigungen, die vorkommen, ergeben auch die gerichtlichen Untersuchungen, dass der Mangel an Aufmerksamkeit oder an gutem Willen die Veranlassung des Unglücks war. Zuweilen werden die Signale auch falsch verstanden oder falsch gegeben, und ist immer um so mehr zu besorgen, je complicirter und zahlreicher sie vorgeschrieben sind.

Nachdem die verschiedenen baulichen Anlagen und die Maassregeln zur Beförderung der Binnenschifffahrt bezeichnet sind, darf es nicht unerwähnt bleiben, dass der entgegengesetzte Fall, nämlich die absichtliche Sperrung eines von Schiffbaren Stromes gleichfalls und zwar sehr leicht eintreten kann. Man sollte wohl meinen, dass eine solche Sperrung, welche den ersten Grundsätzen einer aufgeklärten und gegenseitigen Vortheil gegründeten Staats-Oekonomie wider-

heutiges Tages selbst auf der Grenze der verschiedensten Völkerstämme nicht anders, als etwa in Kriegszeiten sich Geltung verschaffen könnte. Fälle dieser Art gehören ohne Zweifel zu den grössten Seltenheiten: soviel bekannt giebt es nach dem langen Frieden in Europa nur noch ein einziges Beispiel dafür, dieses besteht aber — mitten in Deutschland — nämlich bei Hanau-Münster-Münden. Schon im Jahre 1796 sagte Büsch, nachdem er die künstliche Sperrung der Werra und Fulda beschrieben. *)

„Dieser Fall ist als ein Beispiel von einem Hinderniss „merkwürdig, das die Kunst selbst der Schifffahrt in den „Weg gelegt hat, um eine Stadt in den Besitz ihrer absonderlichen Vortheile zu erhalten, wenn sonst die Hydrotechnik die edleren Zwecke des allgemeinen Nutzens zu „erfüllen angewandt wird.“

Diese künstlichen Schifffahrts-Hindernisse bestehen aber heute noch: die Sperrung ist sogar in den letzten zehn Jahren weiter ausgedehnt als früher. Sonst durften nämlich die mit Mühlsteinen beladenen Schiffe, um das mühsame Umladen zu vermeiden, aus der Werra in die Weser fahren, was jetzt nicht mehr geschehn darf.

§. 96.

Ueberwindung starker Gefälle.

Der Mangel an hinreichender Tiefe des Fahrwassers muss, wie bereits erwähnt, als das wesentlichste Hinderniss einer geregelten Schifffahrt angesehen werden, demnächst sind aber starke Stromschnellen oder Wasserfälle, auch Cataracten genannt, gleichfalls so hinderlich, dass sie die Schifffahrt in vielen Fällen sehr erschweren und zuweilen sogar vollständig unterbrechen. Beide Arten von Schifffahrts-Hindernissen stehn, wie bereits erwähnt, häufig in naher Beziehung zu einander, denn die grosse Geschwindigkeit des Stromes und die geringe Tiefe des Fahrwassers sind gegenseitige Ursache und Wirkung. Die Beschränkung des Profils in Folge der geringen Tiefe bedingt die Verstärkung des Stromes und umgekehrt kann der starke Strom,

*) Praktische Darstellung der Bauwissenschaft. Dritter Band. Hamburg 1796. Seite 160.

wenn er durch das ursprünglich vorhandene grosse Gefälle veranlasst wird, nur ein kleines Profil füllen und hat sowohl die geringe Wassertiefe zur Folge.

Hiernach kann man beide Hindernisse, so oft sie zusammen eintreten, und man nicht etwa von den oben angegebenen Methoden der eigentlichen Strom-Regulirung (§. 73) Gebrauch machen will, durch eine künstliche Stau-Anlage gleichzeitig entfernen. Ein Wehr, welches unterhalb der Stromschnelle erbaut wird, hebt nicht nur die heftige Strömung darin auf, sondern staut auch das Wasser so hoch an, dass die hinreichende Fahrtiefe sich über dem Strombette oder auch über einzelnen Felsbänken bildet, welche dieses durchsetzen. Man beseitigt indessen auf diese Art noch keineswegs das starke Gefälle, sondern concentrirt es vielmehr auf eine sehr kurze Strecke, nämlich auf das Wehr selbst. Der Uebergang der Schiffe über ein Wehr ist aber nur selten und zwar mit Gefahr und grosser Beschwerde auszuführen, gemeinhin müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, so die Schifffahrt neben den Wehren nicht zu unterbrechen.

Das sicherste und bequemste Mittel, um das Schiff an einem höhern auf einen niedrigeren Wasserspiegel zu senken, oder umgekehrt aus diesem auf jenen zu heben, bietet die Kammerschleuse. Dieselbe ist ein so wichtiger Bau, dass davon nur in einem besondern Abschnitte die Rede sein kann. Hier wird es genügen, das Wesentliche ihrer Einrichtung mit wenig Worten anzudeuten und die Bedingungen zu entwickeln, welche bei einer Schleusen-Anlage im Strome, oder neben demselben zu berücksichtigen sind.

Die Kammerschleuse bildet, wie schon der Name besagt, eine Kammer, oder ein Bassin, das eben sowohl gegen das Oberwasser, wie gegen das Unterwasser abgeschlossen, und andrerseits auch wieder mit dem einen oder dem andern in Verbindung gesetzt werden kann. Die Kammer ist so gross, dass sie ein Schiff, zuweilen auch mehrere zugleich fasst, und ihre Zugänge zum Ober- und Unterwasser sind weit genug, um die Schiffe hindurchzulassen. Das Gefälle des Wehrs oder des natürlichen Wassersturzes stellt sich an der Schleuse gleichfalls dar, und es concentrirt sich an derjenigen Mündung derselben, die geschlossen ist. Man kann aber, wie erwähnt, beliebig die eine oder die

andere schliessen, und sonach in der Kammer auch beliebig den Ober- und Unterwasserspiegel darstellen. Wenn ein Schiff stromauf- oder abwärts fährt und an die Schleuse kommt, so wird der Wasserspiegel in der Kammer auf die Höhe desjenigen Wasserspiegels gebracht, worauf das Schiff schwimmt. Hierauf öffnet man die dem Schiffe zugekehrte Mündung der Schleuse und das Schiff tritt in dieselbe hinein. Während dieser Zeit bleibt die Stauwand in der andern Mündung der Schleuse in voller Wirksamkeit und bildet die Grenze zwischen Ober- und Unterwasser. Sobald das Schiff in der Kammer ist, wird das Gefälle durch langsames Zu- oder Ablassen des Wassers auf diejenige Mündung übertragen, durch welche das Schiff hineingefahren war, und wenn die Verlegung des Staus vollständig geschehn ist, so steht das Wasser in der Kammer eben so hoch, als das Wasser im Strome an derjenigen Seite des Wehrs, wohin das Schiff gerichtet ist. Letzteres kann also jetzt ungehindert seinen Weg weiter fortsetzen. Während es in der Kammer lag, wurde es durch das langsame Ein- oder Auslassen des Wassers um die ganze Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser gehoben oder gesenkt.

Bei Anlage von Kammerschleusen neben dem Strome sind manche Umstände zu berücksichtigen. Vor allen Dingen muss man dafür sorgen, dass die Schleuse nicht selbst ein Schiffahrtshinderniss werde. Dieses ist leider! nicht selten der Fall und der Uebelstand ist um so grösser, wenn die Schleuse massiv und im Uebrigen tüchtig ausgeführt ist, weil man sich alsdann um so schwerer zu einem Umbau entschliesst. Die Schleuse kann aber auf verschiedene Art die Schiffahrt hemmen. Am nachtheiligsten ist sie, wenn sie zu enge, oder in der Kammer zu kurz ist, weil sie alsdann bei allen Wasserständen den Durchgang grösserer Schiffe unmöglich macht, und der Betrieb auf die Benutzung kleiner Fahrzeuge beschränkt bleiben muss. Andererseits sind Schleusen auch häufig in sofern sehr hinderlich, als ihr Boden zu hoch liegt, und sonach die Schiffe zur Zeit des kleinen Wassers sie nicht passiren können. Dieser Uebelstand zeigt sich besonders in den stromabwärts gekehrten Mündungen der Schleusen oder auf den Unterdrempeln. In den obern Mündungen ist der Mangel an Wassertiefe viel seltener, und eine Abnahme

der letzteren kann hier auch nur in dem Falle eintreten, der Stau des Wehres vermindert wird, was nicht leicht geschieht. Im Gegentheile pflegen die Wehre, wie die Erfahrung lehrt, und nach immer mehr erhöht zu werden.

Im Unterwasser tritt dagegen im Laufe der Zeit häufig eine auffallende und höchst nachtheilige Senkung ein. In seltenen Fällen wird die Senkung des Wasserstandes nur durch die Abnahme der Zuflüsse während der trockenen Jahre herbeigeführt, indem die atmosphärischen Niederschläge in zunehmenden Cultur des Bodens weit schneller dem Strom fließen, als es sonst geschah, wo das Wasser in ausgetrockneten Sümpfen und im Schutze des Laubes der Waldungen lang hindurch zurückgehalten wurde und nachhaltig reiche Speise. Am häufigsten erfolgt die Senkung aber ohne Zweifel aus einem andern Grunde, nämlich in Folge der Regulirung des Stromes. Jede Untiefe ist zur Zeit des kleinen Wassers nichts Andres, als ein natürliches Wehr: sobald man es beseitigt, ohne zugleich für eine angemessene, und zwar sehr Beschränkung der Breite des Profils zu sorgen, so hört die Stau auf und der Wasserspiegel senkt sich. Genimmt man bei den Strom-Correctionen auf diese Verminderung des Wasserstandes nicht Rücksicht, woher er in den meisten Fällen die Pegel oberhalb der regulirten Strecken geringere Höhen früher, angeben (§. 57). Wenn eine solche Aenderung auch nicht als wesentlich nachtheilig angesehen werden kann, doch ihr Einfluss auf eine oberhalb belegene Schleuse sehr schädlich, indem diese vergleichungsweise zum niedrigsten Wasserstande eine höhere Lage, als früher erhält, und sich sehr über das Unterwasser erhebt, dass während der Dürre kleinen Wasserstandes kein beladenes Schiff durch die Schleuse fahren kann, und diese sonach selbst ein unüberwindliches Schiffahrts-Hinderniss wird. Wenn daher eine Schleuse neu gebaut oder umgebaut werden soll; so muss man die unterhalb der Schleuse Stromstrecke, soweit sie von Einfluss sein kann, sorgfältig in Bezug auf den Effect der darin möglichen Correctionen untersuchen. Vor Allem ist dabei ein genaues Nivellement zur Feststellung des kleinen Wassers nothwendig. Man vergleicht das gefundene absolute Gefälle mit demjenigen, welches sich herausstellen

Wenn das relative Gefälle überall nicht grösser wäre, als in den bereits corrigirten oder in denjenigen Strecken, die keiner Correction bedürfen. Diese Untersuchung ergibt also, wie tief der Wasserspiegel sinken kann, wenn später die Regulirung des Stromes vollständig ausgeführt wird, und bei dem bevorstehenden Bau muss man die Schleuse so tief legen, dass die Schiffe unter dieser Voraussetzung noch über den Drempel fortgehn können. Es leidet keinen Zweifel, dass der Bau hierdurch sehr vertheuert wird, indem die Kosten, namentlich in Bezug auf die Wasserversorgung und die Fundirung in grösserer Tiefe ausserordentlich zunehmen. Andererseits würde aber der Bau noch viel kostbarer werden, wenn man nach kurzer Zwischenzeit die Schleuse, während sie sonst in gutem Zustande sich befindet, abbrechen und ganz neu in der gehörigen Tiefe ausführen müsste. Hiernach und zugleich mit Rücksicht auf die unvermeidliche Unterbrechung der Schifffahrt während des Baues ist es weit angemessener, gleich Anfangs das grössere Opfer zu bringen und sich dadurch vor spätern Zufälligkeiten zu sichern. Es muss hierbei auch noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass häufig diejenige Schleuse, welche man umbaut, bisher das grösste Schifffahrtshinderniss im ganzen Strome war. Durch Entfernung desselben wird sonach augenblicklich ein vortheilhafterer Schifffahrtsbetrieb möglich, der sogleich neue Wünsche hervorruft und Veranlassung zu Strom-Correctionen giebt, die früher nicht nöthig gewesen waren, und an welche man vielleicht gar nicht gedacht hatte. Man muss daher bei jeder Verbesserung dieser Art schon darauf Rücksicht nehmen, dass eben dadurch auch das Bedürfniss gesteigert wird und jeder Fortschritt Veranlassung zu neuen Verbesserungen ist, bis endlich die natürliche Beschaffenheit des Stromes allen ferneren Anforderungen eine Grenze setzt.

Bei jeder Reparatur oder jedem Umbau der Schleuse pflegt die Schifffahrt gesperrt zu werden. Bei Kanälen ist dieser Umstand in vielen Fällen wenig erheblich, insofern schon aus andern Gründen zeitweise Unterbrechungen des Verkehrs eintreten müssen. Auf Strömen geschieht dieses aber nicht anders, als zur Zeit der höchsten Wasserstände, und während des Frostes, wobei die Reparaturen von Schleusen nicht ausführbar sind. Hiernach ist es gewiss zweckmässig, gleich durch Anlage zweier

Schleusen der Unterbrechung des Verkehrs zu begegnen. Während die eine in Stand gesetzt, oder umgebaut wird, passiren die Schiffe die andre. Wenn man aber diese Maassregel wegen der sehr bedeutenden Mehrkosten nicht ergreifen kann, so ist es doch wenigstens dringend nöthig, die Baustelle für die zweite Schleuse sogleich bei Anlage der ersten vorzubehalten. Eine Unterbrechung der Schifffahrt während der Reparaturen, wird hierdurch freilich nicht vorgebeugt, sobald aber ein Umbau nöthig wird, können die Schiffe in diesem Falle ohne Hinderung die alte Schleuse noch passiren, während die neue schon erbaut wird. Diese Ansicht ist um so wichtiger, je mehr die Umgebungen der Schleuse bebaut sind. Der höhere Werth des Terrains zieht freilich die Veranlassung, den grossen augenblicklichen Vortheil zu berücksichtigen und dadurch entweder die Gelegenheit zum Ankauf des Terrains zu versäumen, oder wenn man dasselbe besitzt, die hohen Preise sogar wieder zu verkaufen. Man muss sich aber alsdann darauf gefasst machen, in späterer Zeit viel grössere Opfer wieder zu bringen, um den Neubau, sobald derselbe nöthig wird, ausführen zu können. Ist das Terrain inzwischen bebaut worden, so ist der Rückkauf mit übermässigen Kosten verbunden und oft ganz unmöglich. In grossen Städten kann es sich eignen, dass sogar der Umbau der Schleuse an derselben Stelle also selbst unter der Bedingung einer jahrelangen Unterbrechung der Schifffahrt, dennoch nicht ausführbar ist, weil die Strassen und Anlegeplätze in der Nähe zu beschränkt sind, als dass Ueberladen stattfinden könnte.

Im Strombette selbst kann die Schleuse nicht füglich liegen, weil sie zu sehr dem Angriffe des Stromes und Eises ausgesetzt wäre. Ausserdem aber würde sie hier auch insofern unpassende Lage haben, als die in der Thalfahrt begriffenen Schiffe, sobald ein bedeutender Strom über das Wehr stürzt, durch diesen gefasst und gleichfalls auf das Wehr getrieben werden könnten. Aus dem letzten Grunde ist die von Gauthey geschlagene Anordnung durchaus unangemessen, wonach die Schleuse quer gegen den Strom gelegt werden soll, so dass die Axe mit dem Wehrrücken in eine Linie trifft. Gauthey hat dabei sehr vorthellhaft, dass die beiden Eingänge zur Schleuse an einer Seite angebracht werden können, und dennoch eine

Ueberwasser, der andre aber ins Unterwasser führt. Die Schwierigkeit, ein Schiff dicht vor und dicht hinter dem Wehre quer gegen den Strom zu legen, scheint dem berühmten Erbauer des Canal du Centre ganz entgangen zu sein.

Beinahe jedesmal befindet sich die Schleuse in einem Kanale auf derselben Seite des Stromes. Dieser Kanal liegt am passendsten auf derselben Seite, wo der Leinpfad ist, weil man sonst oberhalb oder unterhalb des Wehres die Schiffe quer über den Strom führen müsste, was sehr beschwerlich ist, und oft gefährlich werden kann. Zuweilen liegt der Schleusen-Kanal in der That in einer Serpentine und in diesem Falle hebt die Schleuse nicht nur das natürliche Gefälle des Stromes in der Krümmung auf, ohne dass eine künstliche Stau-Anlage darin vorkommt. Ein Beispiel dafür ist der theilweise unterirdisch geführte Kanal von St. Maur in der Marne oberhalb Paris. In diesem Falle ist die Lage des Schleusen-Kanales gegeben, sonst aber kann man diese, so wie auch die Lage der Schleuse selbst und die ganze Anordnung in verschiedener Weise bestimmen. Hierbei sind indessen manche Umstände zu berücksichtigen, die wesentlichen Einfluss auf die Anlage- und Unterhaltungskosten, so wie auf die Bequemlichkeit und Sicherheit der Schifffahrt haben.

Es darf kaum erwähnt werden, dass man aus Rücksicht auf Kosten-Ersparung den Kanal in möglichst geringer Länge darstellen wird, seine beiden Mündungen müssen aber jedenfalls weit genug vom Wehre entfernt sein, um bei höhern Wasserständen, wenn ein starker Strom über dieses stürzt, die Schiffe keiner Gefahr auszusetzen. Gebirgsströme, die viel Material und zwar groben Kies mit sich führen, pflegen solchen in grossen Bänken unterhalb des Wehres abzulagern, so dass daselbst bei kleinem Wasser die hinreichende Fahrtiefe nicht leicht erhalten werden kann. Es ist vorthellhaft, solche Stellen durch den Schleusen-Kanal zu umgehen und diesen so weit zu führen, bis der Strom wieder zwischen regelmässigen Ufern fliesst. Eine andre Rücksicht, die man bei Bestimmung der Lage des Schleusen-Kanales zu nehmen hat, die sonach auch seine Länge bedingt, bezieht sich auf die Weite des Fluthprofils. Der Kanal selbst darf nämlich vom Hochwasser nicht durchströmt werden, weil er dadurch zu sehr beschädigt werden würde. Der Uebersturz des

Hochwassers über die Schleuse würde auch diese in Gefahr bringen und wenigstens starke Versandungen zur Folge haben. Demselben müsste man aber auch befürchten, wenn unterhalb der Schleuse ein starker Strom über das Ufer in das weit geöffnete Profil des Kanales träte. Hiernach ist es nothwendig, den ganzen Schleusen-Kanal dem Fluthprofile zu entziehen, und eine höhere Beurtheilung der Verhältnisse muss ergehen, in welcher Maaße dieses geschehen darf. Nichts desto weniger werden viele Schleusen-Kanäle vom Hochwasser durchströmt und oftmals kann dieses in Folge der natürlichen Beschaffenheit des Strahlbette auch nicht vermieden werden.

Die Schleuse legt man gern möglichst nahe an das untere Ende des Kanales, weil derjenige Theil des letztern, der oberhalb der Schleuse liegt, noch mit Oberwasser gefüllt wird, und somit weit weniger tief, als der Unter-Kanal, ausgegraben werden darf. Dieser Anordnung treten indessen oft andre sehr wichtige Rücksichten entgegen. Durch den höhern Wasserstand kann nämlich der Abfluss von Bächen gestört, auch wohl gar eine Inundation der nächst gelegenen Ländereien veranlasst werden. Wenn Letzteres auch durch Eindeichungen vermieden werden kann, so wird dadurch die Ausdehnung des zur ganzen Anlage erforderlichen Terrains noch mehr vergrößert, und bei grosser Höhe der Deiche können auch die Quellungen so bedeutend werden, dass man dennoch die Entschädigungs-Ansprüche nicht umgeht. In manchen Fällen ist man sogar gezwungen, aus demselben Grunde ausser der eigentlichen Schiffsschleuse noch eine besondere Stau-Vorrichtung zum Abhalten des Hochwassers in der Mündung des Schleusen-Kanales zu erbauen. Endlich ist die Wahl der Schleusenbaustelle häufig durch die Beschaffenheit des Grundes und andre lokale Rücksichten so bestimmt vorgezeichnet, dass man gezwungen ist, den Ober-Kanal abzukürzen und dem Unter-Kanal eine grössere Ausdehnung zu geben.

Der Ober-Kanal muss jedesmal eine bedeutende Breite erhalten, damit die Schiffe, welche oberhalb der Schleuse warten, hier sicher liegen können, ohne den hernaufkommenden Schiffen den Weg zu sperren. Ausserdem ist aber eine ansehnliche Profilweite dieses Kanales auch insofern nothwendig, als er die Schleuse speisen muss, und das Wasser in ihm beim Oeffnen der

Die Wehre weder stark gesenkt, noch auch in heftige Strömung verwandelt werden darf. Das Oberwasser fällt gemeinhin dicht oberhalb der Schleuse beim Oeffnen der Schütze um einige Zolle, zuweilen noch tiefer und wohl um einen ganzen Fuss. In dem ältern, sehr schmalen und sehr langen Schleusen-Kanale bei Mühlen an der Ruhr geschah dieses so stark, dass die Schiffe bei dem Wasser alsdann nicht mehr schwammen, sondern auf dem Grunde lagen.

Im Unter-Kanale verursacht das Oeffnen der Schütze ganz entgegengesetzte Wirkung: das Wasser sinkt daselbst nicht, sondern steigt, was ohne Nachtheil ist. Dabei entsteht indessen eine Strömung, die um so stärker wird, je enger der Kanal ist. Auch kann es für den Schiffsverkehr nachtheilig seyn, wenn die nöthige Breite zum Ausweichen zweier Schiffe nicht vorhanden ist. Wenigstens in der Nähe der Schleuse muss hinlänglicher Raum bleiben, damit die in der Bergfahrt bestimmten Schiffe den Eintritt in die Schleuse abwarten können, ohne den herabkommenden hinderlich zu werden. Es giebt indessen einen andern Grund, der die Annahme einer überflüssigen Weite, falls dieselbe auch leicht darzustellen wäre, für den Unterkanal verbietet. Beide Mündungen des Schleusen-Kanales sind nämlich, insofern sie zu Bassins von stehendem Wasser führen, der Verflachung ausgesetzt, sie nehmen daher, wie jede andere Vertiefung zur Seite des Stromes, in welche derselbe nicht hineindringt, an Sand und Kies auf, der von dem vorbeiliessenden Wasser angetrieben wird. Ausserdem setzen sich beide Kanäle in der ganzen Länge bei allen Veränderungen des Wasserstandes dem Ober- und Unterwasser ins Niveau. Bei jeder Anschwellung tritt daher trübes Wasser in sie hinein, welches, nachdem die Kanäle gefüllt sind, zur Ruhe kommt, und alle erdigen Theile darin absetzt, so dass es beim spätern Sinken des Wasserstandes im Strome vollkommen klar abfließt.

Beide Ursachen der Verflachung kommen zwar eben sowohl im Ober-Kanale, wie im Unter-Kanale vor: ihre Wirkungen sind aber nicht gleich gross, sondern im letzten viel bedeutender. Das Oberwasser ist nämlich die Strömung wegen der Anstauung vor dem Wehr nur mässig, daher wird weniger Material in die Wehre Mündung dieses Kanales hineingeworfen. Andererseits ist

der Wechsel des Wasserstandes oberhalb des Wehres nur geringer, als unterhalb desselben, daher füllt sich der Kanal bei jeder Anschwellung in geringerem Maasse, als der Kanal. Die Erfahrung bestätigt dieses vollständig. Die Schwellungen im Unter-Kanale sind allgemein viel bedeutender, namentlich sind sie in der Mündung selbst so gross, dass hier sehr häufig und bei manchen Anlagen sogar nach Hochwasser Aufräumungen vornehmen muss. Besonders dieses stult, wenn die Unter-Kanäle sehr lang und breit auch wohl das Hochwasser von der Seite in sie hinein. Manche Baumeister empfehlen daher, die Mündungen der Kanäle so schmal zu halten, dass nur eben ein Schiff hindurch gehen kann; auch öffnet man zuweilen während des höhern Wassers die Schütze in den Schleusenthoren, um einen starken Strom hervorzubringen, der die Mündung wieder vertieft. Dieses erscheint indessen insofern bedenklich, als dadurch grosse Mengen trübes Wasser in den Kanal geführt werden, die dessen ganze Länge weit mehr Sand und Erde niederschlagen, als sie aus der Mündung treiben.

Die angeführten Umstände zeigen, dass Schleusen-Anlagen neben Strömen, wenn sie allerdings in mancher Beziehung grosse Bequemlichkeit für den Schiffahrts-Betrieb bieten, doch manchen Zufälligkeiten unterworfen sind, und jedenfalls grosse Kosten in der Anlage und Unterhaltung veranlassen. Wenn eine Schleuse auch angemessene Dimensionen hat, und ihr Bett hinreichender Tiefe liegt, auch für die Reinigung des Kanals gehörig Sorge getragen wird, und zwar ohne Unterbrechung der Schiffahrt, so tritt eine solche dennoch bei jeder Reparatur einer Schleuse ein, und ausserdem verursacht der Durchgang der Schiffe durch jede Schleuse grossen Aufenthalt. Mit Anwendung möglichen Erleichterungen, selbst zum Nachtheil der Schiffe, und wenn auch die ganze Nacht hindurch das Durchgehen fortgesetzt wird, so gelingt es dennoch wohl niemals an mehr als etwa siebenzig Schiffe in einer Richtung durchzulassen. Wenn dabei aber eine zufällige Beschädigung der Thore oder der Vorrichtungen leicht möglich ist, so wird sogleich der Verkehr unterbrochen. Die angegebene Anzahl von

allerdings vollkommen ausreichend erscheinen, wenn der Betrieb regelmässig stattfände, und nicht etwa auf Zeiten des Jahres beschränkt wäre. Das letzte findet aber in Fällern wirklich statt, und namentlich wenn der Strom dem Wasser wenig Tiefe hat, bei starkem Regen aber anschwillt. So geschieht es z. B. auf der Ruhr, dass von Schiffen mit Kohlen beladen vor den verschiedenen zum Abfahren bereit liegen, und sobald endlich das erhöhte Wasser eintritt, das während des Sommers nur sehr kurz und selten länger, als einige Tage anzuhalten pflegt, alle Schiffe zu gleicher Zeit ab und treffen vor den Fällern zusammen, wo sie zum grössten Nachtheile des Verkehres so lange aufgehalten werden, dass sie wegen des geringen eingetretenen kleinen Wasserstandes, nachdem sie endlich die Schleuse passirt haben, die Fahrt nicht weiter fortsetzen können.

Unter Verhältnissen dieser Art erscheint es daher angemessener, irgend möglich, keine Schleusen zu erbauen, und nur durch Stromregulirung die Schiffahrt zu sichern (§. 73). Die starken Gefälle im Strome sind allerdings auch nach der Regulirung der Bergfahrt beschwerlich und dürfen andererseits auch für Thalschiffen nur mit grosser Vorsicht passirt werden, aber dennoch weniger hinderlich als Schleusen. Die Erfahrung der Saar ist, soviel mir bekannt, das gelungenste Beispiel der Schiffbarmachung eines Gebirgsstromes ohne Anwendung von Schleusen und andrer ähnlichen Anlagen. Bei der Ausführung aller betreffenden Projekte wurde hier aber mit grosser Sorgfalt und unter Zugrundelegung vielfacher Messungen für die zu corrigirende Strecke das erforderliche Maass der Eingriffe, so wie die Länge der letzteren ermittelt.

Zulässigkeit dieses Verfahrens hat indessen offenbar ihre Grenze. Sobald das Gefälle im Ganzen so gross ist, dass eine Schleufe dicht hinter der andern liegt, und die Pferde während der Bergfahrt heinahe ununterbrochen in dem starken Zuge stehen müssen, bei höherem Wasser aber die Strömung bei der ungleichmässigen Vertheilung des Gefälles gar zu reissend wird, muss man sich zu Stau-Anlagen oder Wehren, und nicht zu Schleusen dazwischen entschliessen. Dieses wird

aber um so mehr nöthig, wenn schon vor der Schiffbarmachung des Stromes im industriellen Interesse Wehre vorhanden waren und die Cultur der Thalfläche danach eingerichtet war. In diesem Falle dürfen die Schifffahrts-Anlagen keine Störung herbeiführen, müssen vielmehr mit möglichster Berücksichtigung der bestehenden sonstigen Verhältnisse angeordnet werden.

Die Kammerschleuse ist indessen, wenn sie nach der größtmöglichen Bequemlichkeit für das Uebergehen der Schiffe bieleidet, doch nicht das einzige Mittel zur Ueberwindung der starken Gefälle. Das im vorigen Paragraph angegebene Verfahren, dessen man sich besonders in Frankreich häufig bedient, um einen bestimmten Wasserstand periodisch darzustellen, und die zu Thal fahrenden Schiffe zugleich mit der angesammelten Wassermenge, also dem Rücken der Fluthwelle bis zum nächsten Stau heraufzuführen, beruht gleichfalls auf Anlagen, welche den Uebergang der Schiffe aus dem Oberwasser in das Unterwasser möglich machen. Die Nivaudifferenz ist freilich gemeinlich in diesem Falle nicht so bedeutend, weil der hindurchstürzende Strom den Unterwasserspiegel sogleich hebt. Die Vorrichtungen, wodurch der Stau darzustellen und plötzlich aufgehoben, und diese Art des Schifffahrts-Betriebs möglich wird, sind nichts andres, als die beweglichen Wehre, von denen schon die Rede war (§. 89). Man benutzt indessen auch zu demselben Zwecke auch andre bauliche Anlagen, die zum Theil nicht wesentlich von den beweglichen Wehren verschieden sind, aber dennoch insofern besonders behandelt werden müssen, als sie sich ausschliesslich auf die Schifffahrt beziehen.

Dieses sind die Stau-Schleusen. Sie kommen häufig vor, und bestehn in Stauwänden, die wieder das Flußbette schliessen und mit Oeffnungen versehen sind, von denen eine solche Breite haben, dass ein Schiff sie bequem passieren kann. Sie sind älter, als die Kammerschleusen, und haben wahrscheinlich die nächste Veranlassung zur Erfindung der letzteren gegeben, indem diese eigentlich nur aus zwei nahe hinter einander liegenden Stauschleusen bestehn. Nach der von Wolfenbüttel mitgetheilten Nachricht war die Stocknitz vom Müllner-See ab bis zur Mündung in die Trave schon früher mittelst dreier

*) Beiträge zur Schiffbarmachung der Flüsse. Seite 170.

ausen schiffbar gemacht, als in den Jahren 1391 bis 1398 der obere Theil der Stecknitz von dem Möllner-See bis zur Elbe in gleicher Weise behandelt und mit zehn Stauschleusen versehen wurde.

Auch die Alster ist auf vier Meilen Länge von Hamburg herwärts durch Stauschleusen schiffbar gemacht. Einen Querschnitt derselben zeigt Fig. 243 auf Taf. LIV und zwar vom Untersasser aus geschn. Der ganze Bau ist eigentlich eine Freitreue, und besteht eben so wie diese aus dem Vor- und Hinterthore und Seitenwänden. Die Vorrichtung zum Schliessen der Thore ist jedoch von den bisher beschriebenen verschieden. Bei Stemm-Thoren, welche den gewöhnlichen Schleusenthoren ähnlich sind, drehen sich um vertikale Axen neben den Seitenwänden und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten auf eine über den Boden vortretende Schwelle und oben gegen einen Spannriegel, der beide Seitenwände mit einander verbindet. Um grössern Deutlichkeit wegen sind die Thore in der Zeichnung schraffirt. Sowohl die Schwelle als der Spannriegel sind auf der Fläche, wo die Thore anschlagen, ganz eben gehalten, und treten doch nur sehr wenig in der Mitte vor. Bei den Alsterschleusen ist die letzte Anordnung gewählt. Das gleichschenkelige Dreieck, welches die stromabwärts gekehrten Seiten der geschlossenen Thore im horizontalen Durchschnitte bilden, wenn ihre äussern Enden durch eine dritte Linie verbunden denkt, beträgt etwa den zwanzigsten Theil der Basis zur Höhe, während die Thore bei gewöhnlichen Kammerschleusen, wie später angegeben werden soll, sich gegen die Schenkel eines Dreiecks lehnen, dessen Höhe mindestens dem vierten Theile der Basis gleich ist. In den Stauschleusen auf der Stecknitz liegen dagegen die innern oder äussern Flächen der beiden Thore in einer Ebene, so dass die Höhe jenes Dreiecks ist daselbst gleich Null.

Eine andre Eigenthümlichkeit der Thore dieser Stauschleusen ist darin, dass sie sich nicht unmittelbar berühren, sondern dazwischen eine Oeffnung bleibt, die durch ein Schütz geschlossen wird. Auch sind die Thore auch nicht mit einem dichten Bohlenbelag verkleidet, sondern zwischen je zwei Stielen ist das Feld offen geblieben, und wird wieder durch ein Schütz geschlossen. Auf diese Weise bestehn die Thore eigentlich nur aus Rahmen, alle Stiele, sowie auch die Wendesäulen sind wie Griessäulen

mit Nuthen versehen. In dieser Beziehung stimmen die Stauschleusen der Alster mit denen der Stecknitz überein. Will man sie öffnen, so hebt man zuerst ein Schütz nach dem andern an, wozu die beiden darüber angebrachten Winden dienen, die mittelst durchgesteckter Hebel oder sogenannter Handspacken gehoben werden. Die Schütze befestigt man aber, sobald sie aus dem Wasser gezogen sind, mit Haken an die Thore. Nur das mittelste Schütz muss jedesmal ganz herausgenommen werden, man pflegt es jedoch mit Ausnahme der Dauer des kleinsten Wassers gar nicht einzustellen, um den Strom nicht ganz zu sperren. Das Wasser ergießt sich, sobald die Schütze gehoben sind sehr stark durch die Oeffnungen zwischen den Stielen, indem die letzten nur eine geringe Fläche dem Drucke des Wassers bieten, so kann man mittelst Windevorrichtungen die Thore gegen den Strom öffnen.

Der Stau neben jeder Schleuse beträgt etwa 5 Fuss und an den zwischenliegenden Stromstrecken bleibt gewöhnlich noch ein bedeutendes Gefälle. Wenn ein Schiff durchgeführt werden soll, so geschieht dieses nicht unmittelbar nach dem Oeffnen der Thore, sondern man lässt zuerst das Wasser so lange hindurchströmen, bis das Gefälle sich etwa auf die Hälfte ermässigt hat.

Zur Erleichterung der Schiffahrt auf der Berkel, wovon schon §. 95 die Rede war, sind gleichfalls mehrere Stauschleusen angelegt, und zwar eben sowohl im Holländischen, als in neuerer Zeit auch im Preussischen. Fig. 244 a, b und c zeigt die im Preussischen Gebiete unterhalb der Hühner-Brücke erbaute Stauschleuse. Die ganze Anordnung und Construction ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung, zur Erläuterung derselben ist nur zu bemerken, dass die beiden Seitenöffnungen zur Abführung des Hochwassers dienen. Ihre Breite misst 9 Fuss und sie sind gewöhnlich durch Schütze geschlossen, welche sich der Sicherheit wegen noch gegen Mittelstiele lehnen. Die mittlere, für den Durchgang der Schiffe bestimmte Oeffnung ist 12 Fuss 6 Zoll weit und wird durch Versatzbohlen geschlossen, welche mit Hilfe der darüber befindlichen Winde leicht gehoben werden können. Um das Durchbiegen dieser Bohlen zu verhindern, sind dahinter noch zwei Setzpfeiler angebracht, die sich gegen einen Griesholm lehnen. Sobald ein Schiff durchgelassen

man soll, hebt man zuerst die Versatz-Bohlen aus, sodann die Kosten und endlich den Riegel. Alles dieses geschieht sehr mittelst der Winde. Der Stau beträgt, wenn einige Bohlen gesetzt sind, 3 bis 4 Fuss, während des Aushebens der verbleibenden Theile, welche die Oeffnung schliessen, vermindert er sich indessen schon von selbst sehr bedeutend, und die Schiffe können daher keinen förmlichen Wassersturz, sondern nur eine Stromschnelle überfahren.

Den Stauschleussen sehr ähnlich sind die Schiffsdurchlässe: beide Benennungen werden häufig mit einander verwechselt und es möchte auch schwer sein, die unterscheidenden Merkmale beider ganz scharf zu bezeichnen. Nach dem eingeführten Gebrauche nennt man die Anlage einen Schiffsdurchlass, wenn das Gerinne eine grössere Längen-Ausdehnung hat und der Boden und Seitenwände nicht nur dazu dienen, die Stauhaltung gegen Unterspülung zu sichern, sondern zugleich die Theilung des Gefälles auf eine angemessene Länge bezwecken, das relative Gefälle auf eine gewisse Grösse zu beschränken. Es folgt hieraus schon, dass im Allgemeinen das absolute Gefälle eines Stromes an den Stellen, wo Schiffsdurchlässe erbaut sind, grösser sein darf, als neben den Stauschleussen. Wenn aber auch beide, wenn sie geschlossen sind, einen gleich hohen Stau erzeugen, ist dennoch ihr Gefälle zur Zeit des Durchganges der Schiffe häufig verschieden. Bei der Stauschleusse wird nämlich schon vor dem das Oberwasser stark gesenkt, beim Schiffsdurchlasse bedarf dasselbe dagegen sehr nahe seinen frühern Stand. Die Wahl zwischen beiden Anlagen ist sonach theils durch die Wassermenge eines Stromes, theils durch das Gefälle und die sonstigen Umstände bedingt. Wenn die Oeffnung nur wenig breiter, als das durchgehende Schiff sein darf, um den Stau der daneben liegenden Stellen nicht zu sehr zu vermindern, so wird man besonders auf kleinen Flüssen und Strömen Schiffsdurchlässe erbauen müssen, wenn man aber das Oberwasser stark senken will, um eine grosse Fluthwelle mit den Schiffen zugleich hindurchzulassen, oder für diese in der ganzen folgenden Flussstrecke den erforderlichen Wasserstand darstellen kann, so erbaut man eine Stauschleuse. Die Schiffsdurchlässe dienen sonach weniger dazu, die Fahrt auf lange Strecken zu erleichtern, als vielmehr nur den kleinen Anlagen, Handb. d. Wasserbauk. II. 2. 2. Aufl.

Uebergang aus einem Niveau in das andere möglich zu machen. Man findet sie deshalb nur neben natürlichen Wasserläufen und künstlichen Wehren, die schon früher bestanden. Die den Strom streckenden sind von ihrer Wirksamkeit und entweder an sich schiffbar, oder durch Stromregulirung gemacht. Diese Verschiedenheit des Zweckes führt zu der Annahme, dass Schiffsdurchlässe nur an grösseren oder an Strömen vorkommen.

Beim Uebersturz über ein Wehr und in gleicher Weise beim Durchfluss durch eine Stauschleusse nimmt das Wasser stark abwärts gerichtete Bewegung an. Diese setzt sich des Beharrungsvermögens des Wassers auch noch fort, der Strahl das Niveau des Unterwassers erreicht hat. Es geschieht daher Senkungen im Wasserspiegel, die so tief sind, dass das Unterwasser über dem herabstürzenden Strahle in entgegengesetzter Richtung zufliesst und bis zu einer gewissen Entfernung sich der Stauvorrichtung nähert. Sobald dieser Gegenstand aber an die Stelle gelangt, wo sein Gefälle geringer ist, theilt die Mittheilung der Bewegung, oder durch die Adhäsion des Wassers seine Geschwindigkeit aufgehoben wird, so hört er auf, während immer neue Wassermassen in gleicher Weise ihm erfasst werden, und er fortwährend an derselben Stelle schwindet. Die ganze Erscheinung ist sehr auffallend: der Strom zeigt die spiegelglatte Oberfläche, deren Gegenstand gegen ist durch zahllose Wellen gekräuselt, welche die Richtung seiner Bewegung sehr augenscheinlich wahrnehmen lassen. Zudem treibt eine Menge Schaum an seiner Oberfläche, Bläschen, woraus der Schaum besteht, können aber, weil sie leicht sind, nicht vom Hauptstrome in die Tiefe gerissen werden, sie bleiben also auf der Grenze zwischen beiden, und die Markirt sich daher gemeinhin noch deutlicher durch einen Schaumstrich.

Die herabfahrenden Schiffe werden, wenn sie nicht beladen sind, und sonach keine grosse Masse haben, in ihrer Bewegung plötzlich merklich aufgehalten, sobald sie in den Strom treten. Minard erzählt,^{*)} dass bei einem Hoch-

^{*)} *Cours de construction des ouvrages, qui établissent la régulation des rivières et des canaux.* Paris 1841. Seite 121.

Flüsse ein grosses leeres Schiff losgerissen und durch Öffnung im Wehre bei Brives getrieben wurde. Es blieb dicht dahinter im heftigsten Strome liegen, und zwar über Stunden lang, indem der Gegenstrom, sobald es sich entfernte, es immer sogleich zurückführte und es dabei so heftig das massive Wehr stiess, dass dieses stark beschädigt wurde.

Als Minard hiervon Nachricht erhielt, fuhr er in einem Nachen nach dem Stau in der Marne bei St. Maur, und liess sich bis an den Wassersturz ziehen. Dieselbe Erscheinung beobachtete er auch hier. Der Nachen wurde durch den Gegenstrom am Herabtreiben verhindert, und blieb ruhig liegen. Die Wehre durften nur selten benutzt werden, und zwar nur, um den Nachen in der Richtung des Stromes zu erhalten. Es trat eine hin- und hergerichtete gleichsam pendelnde Bewegung ein, die jedesmal so weit ausdehnte, bis der entgegenkommende Strom die Richtung wieder veränderte. Dieser Versuch wurde auf eine halbe Stunde ausgedehnt.

Bei Schiffsdurchlässen habe ich diesen Gegenstrom nie beobachtet: er stellt sich wahrscheinlich deshalb nicht ein, weil der Gegenstrom sich schon der horizontalen Richtung nähert. Letztere trifft aber eine Wassermasse, die eine viel geringere Geschwindigkeit hat, und der Stoss verursacht einen Druck oder eine Bewegung, die sich im vertikalen Aufsteigen des Wassers zu erkennen giebt. Es bildet sich daher eine hohe stehende Welle, aber wegen der Störung des Gleichgewichts, die sie verursacht, schliesst sie sich nicht an einen horizontalen Wasserspiegel anschliessen, ihr folgt vielmehr ein ganzes System ähnlicher stehenden Wellen, deren Höhe jedoch sehr schnell abnimmt, so dass man hin- und her nur etwa vier deutlich unterscheiden kann. Das herabfahrende Schiff wird auch in diesem Falle, wegen der plötzlichen Verminderung der Geschwindigkeit des Wassers, und noch mehr durch den Stoss gegen die stehende Welle sehr merklich in seiner Bewegung gehemmt.

Die Schiffsdurchlässe findet man am häufigsten vielleicht schliesslich im südlichen Deutschland. Ich will diejenigen benennen, die bis vor wenig Jahren an der Lahn im Nassauschen benutzt wurden, und nothdürftig einigen Schiffahrtsbetrieb bis zur Burg möglich machten. Jetzt sind sie sämmtlich eingegan-

gen, und durch Schiffsschleussen ersetzt. Man anstalt Lücken.

Die Schiffe, welche bisher die Lahn befuhren, waren Länge von 72 Fuss beinahe 11 Fuss breit und 4 Fuss tief. Sie luden 700 bis 600 Centner. Die dortigen Wehre verhielten bei den gewöhnlichen Wasserständen einen Stau von 4 Fuss etwas darüber, womit das Gefälle der Schiffsdurchlässe stimmt. Letztere befanden sich in den Wehren selbst, in der Mitte der Wehrrücken, etwa in der Länge von 20 Fuss und durch eine hölzerne Rinne ersetzt war, in der die Schiffe aufwärts und herauffuhren. Die Länge der Rinnen betrug 25 bis 30 Fuss, woher sie eine Neigung von sechs- bis achtfacher Anlage hatten. In einzelnen Fällen war die Neigung jedoch bedeutend geringer, doch reichte alsdann der Boden der Rinne nicht tief genug zum Unterwasser herab, und es bildete sich noch ein kleiner Wassersturz daselbst, der den Durchgang der Schiffe erschwerte.

Zum Abschluss der Rinne während des kleinen Wasserstands dienten einige hochkantig vor die Oeffnung im Wehre gestellte Bohlen. Da dieselben jedoch in der Mitte einer Stützung bedurften, weil sie sonst gebrochen wären, so war in ein Loch im Fachbaume eine eiserne Stange eingesetzt, jedesmal ausheben musste, ehe ein Schiff durchgelassen werden konnte. Dieses Ausheben, sowie das Wiedereinstellen der Bohlen und der Bohlen geschah von einem Nachen aus, der mittelst einer langen Leine weiter aufwärts am Ufer befestigt war.

Das Wasser strömte mit einer stark zunehmenden Geschwindigkeit durch die Rinne; dieses gab sich schon durch den verschiedenen Wasserstand in derselben zu erkennen. In dem stark geneigten Schiffsdurchlasse im Niverner Wehre wurde der Wasserstand oben 26 Zoll, in der Mitte 18 Zoll und unten nur 9 Zoll gefunden. Die Messung mit einem Woltmannschen Flügel ergab eine Geschwindigkeit oben 6,4, in der Mitte 11,1 und unten 16 Fuss in der Sekunde. Beide Messungen und besonders die Wasserstände konnten indessen nicht mit besonderer Schärfe geführt werden.

Das Herabfahren geschah gemeinhin ohne besondere Mühe, indem die meisten Durchlässe eine Richtung hatten.

Das Flussbettes unterhalb angemessen war, woher das Schiff, es mit der grossen Geschwindigkeit aus der Rinne, in das stillstehende Wasser kam, nicht gleich gedreht werden konnte, wohl aber dem Steuer leicht folgte. Nur der Durchlass bei Waldenstein ohnfern der Schnumburg hatte eine sehr gefährliche Richtung, die gerade auf einige Felsen vor dem linken Ufer lag. Um das Schiff von diesen abzuhalten, genügte nicht das Wehr: es waren daher noch einige Pfähle unterhalb des Durchlasses eingeraumt, und in diese mussten die Schiffer während des schnellen Vorbeitreibens Bootshaken einstossen und dadurch das Schiff absetzen. Das Manöver erfolgte, so oft ich es sah, mit einer solchen Präcision und überraschenden Geschicklichkeit und Energie, dass der hohe Werth, den die Lahn-Schiffer auf ihre Kunst legten, und die Geringschätzung, womit sie von dem gemeinen Schiffahrtsbetriebe sprachen, vollkommen begründet erscheinen musste. Der Schiffsverkehr wurde hier ausschliesslich dieser Art betrieben, dass die Frachten (grossentheils Eisenerze) stromabwärts gingen und die Schiffe immer leer zurückkehrten. Hierdurch wurde das Herauffahren in den Durchlässen sehr erleichtert. Sobald das Schiff an einen Durchlass kam, hielt man es an und befestigte den einen Block eines Flaschenzuges an das Schiff, den zweiten an einen Pfahl, der oberhalb des Wehrs zu dem Zweck im Ufer eingegraben war. Man spannte alsdann ein Pferd vor das in den Flaschenzug eingeschorene Tau und mit grosser Anstrengung ging das Schiff herauf.

Wenn die zu überwindenden Gefälle grösser sind, müssen Schiffsdurchlässe mit mehr Sorgfalt angeordnet werden. Die flachen, bedeckten Schiffe schleifen grossentheils auf dem Boden, wo der Wasserstand nicht hoch genug ist, um sie schwimmend zu erhalten. Sie können schon aus diesem Grunde nicht mehr leicht gesteuert werden, dieses verbietet sich ausserdem aber auch noch, dass ihre Geschwindigkeit zu gross ist, als dass man im eintretendem Bedürfnisse sie noch rechtzeitig drehen könnte. Auch es sonach bei kurzen Schiffsdurchlässen auch ganz angemessen ist, die Breite derselben so weit auszudehnen, dass ein abgehendes Schiff, das gehörig hineingeführt wird, während der kurzen Dauer des Durchganges sich nicht weit genug drehen kann, um irgendwo an die Wände anzustossen: so ist das Gegen-

stossen bei grösserer Länge der Rinne doch nicht zu und es wird um so gefährlicher, je weiter das Schiff gedreht hat. Ausserdem würde das Schiff, wenn es mit seiner Geschwindigkeit sehr schräge in das Unterwasser stark seitwärts geneigt werden und könnte dabei leicht sinken. Dazu kommt endlich noch, dass eine noch grössere Länge der Rinne, welche der Länge entspräche, sich von selbst ergibt, indem theils der Wasserverlust zu gross wäre, theils aber jedesmalige Öffnen und Schliessen der obern Mündung sehr mühselig wäre.

Aus diesen Gründen giebt man denjenigen Schiffen, in welchen grössere Gefälle liegen, eine Breite, die an der obern Eingänge so bedeutend ist, dass sie ein bequemes Manövern gestattet, weiter abwärts sich jedoch nach und nach vermindert, und am unteren Ende so geringe ist, dass das Schiff wenig freien Spielraum behält, und sonach ganz unabhängig vom Steuerruder schon durch die Wände der Rinne in der richtigen Richtung gehalten wird. Es geschieht dabei allerdings bald rechts, bald links an die Wände anstösst, aber diese Stösse sind um so mässiger, je schwächer die Seitenbewegungen sind, und jedenfalls treffen nur die abgerundeten Seitenwände auf die schärferen Ecken, oder die vorderen Spitzen der Schiffe gegen die Seitenwände der Rinne. Wiebeking *) empfiehlt die Rinne in dem stromabwärts gekehrten Theile nur 3 Fuss breiter als die durchgehenden Schiffe zu machen, und hält denselben für angemessen, einer zu starken Verminderung des Wasserstandes am untern Ende der Rinne (in Folge zunehmenden Geschwindigkeit des Wassers) dadurch zu vermeiden, dass man dem obern Theile eine überflüssig grosse Breite giebt. Er schlägt daher vor, hier eine Verbreiterung um den dritten Theil und selbst um die Hälfte eintreten zu lassen. Der Verschluss der obern Mündung würde hierdurch sehr erschwert, ausserdem dürfte auch für die zu Berg fahrenden Schiffe der verstärkte Wasserzudrang leicht hinderlich sein. Ich habe allerdings bemerkt, dass die Schiffsdurchlässe

*) Theoretisch praktische Wasserbaukunst, zweite Auflage, München 1814. Seite 166.

nach unten hin etwas verengt sind, doch geschieht dieses immer nur in weit geringerem Masse als Wiebeking beobachtet.

Bei grössern Gefällen muss man die Rinne recht flach halten oder ihr nur eine geringe Neigung geben, auch muss man jedesmal gehörig tief in das Unterwasser herabführen. Pechmann*) sagt, die Länge der Rinne müsse wenigstens das Fünfzigfache der Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser betragen. Wiebeking gestattet einen etwas weitem Spielraum und verlangt nur, dass die Länge der dreissig- bis funfzigmaligen Länge des Gefälles gleich sein solle. Ich vermute, dass das Fünfzigfache schon die äusserste Grenze bezeichnet, welche bei Rinnen dieser Art überhaupt vorkommt.

Die Rinne muss jedenfalls einen hölzernen Boden erhalten, der mit gehöriger Sorgfalt bearbeitet ist, weil die Schiffe, während sie darüber gleiten, leiden würden. Ausserdem müssen die Seitenwände, besonders wenn die Rinne enge und tief ist, mit Bohlen verkleidet werden, da ohne diese Vorsicht Gegenstossen höchst gefährlich werden könnte. Da aber sowohl der Druck gegen den Boden, als der Stoss gegen die Seitenwände immer sehr stark ist, so darf die Verkleidung nirgend hohl sein, wodurch leicht ein Bruch herbeigeführt werden könnte. Man packt daher den Boden zwischen den Schwellen sorgfältig mit Steinen aus, und bemüht sich durch zwischengelegtes Moos oder eingestampften Thon ihn einigermassen wasserdicht zu machen. Die Seitenwände bestehen gemeinhin aus Balken, die wie einer Blockwand unmittelbar auf einander liegen. Wenn man grosser Vorsicht zu Werke geht, und dem Wasserverluste möglichst vorbeugen will, so werden auch wohl alle Fugen der Rinne durch Werg oder wenigstens durch Moos gedichtet. Reparaturen kann man hierbei sehr leicht vornehmen, indem die Rinne, sobald die obere Mündung geschlossen ist, ganz trocken bleibt, und bis zum Unterwasser hin, wo das Durchquellen unbedenklich ist und schon von selbst aufhört, begangen werden kann.

*) Praktische Anleitung zum Flussbau. II. Band. München 1826. S. 80.

Die Seitenwände des Durchlasses erstrecken sich 2^{te} Stelle hinaus, wo der Abschluss stattfindet, und zwar die sie hier wie Flügelwände, so dass sie eine stark enge Einfahrt bilden. Hieraus entsteht nicht nur der Vortheil, die Schiffe leichter hineingeführt werden können, sondern es ist auch die Gelegenheit geboten, die Schiffe unmittelbar in der Rinne sicher zu befestigen, und zwar an einer Stelle, die Strömung schon bedeutend schwächer, als im Durchlasse. Ein Aufenthalt der Schiffe ist aber hier eben sowohl bei der Thal- als bei der Bergfahrt, dringend nothwendig: bei der Thal- nämlich muss das Oeffnen der Rinne abgewartet werden, und bei der Bergfahrt das Umspannen der Leinpfeder, indem von der gewöhnliche Leinenzug zur weitem Fortsetzung der Fahrt wieder beginnt.

Die Vorrichtungen zum Schliessen der Schiffslüsse sind sehr verschieden, und man kann beinahe alle Vorrichtungen die bei Gelegenheit der Freirarchen und beweglichen Wehre beschrieben sind, hier wieder in Anwendung bringen. Am häufigsten benutzt man jedoch ein einzelnes Schütz, das die ganze Oefnung schliesst, und unter welchem das Schiff hindurchgeht. Das Heben eines solchen Schützes auch eine bedeutende Kost erfordert, und sonach besondere mechanische Vorkehrungen dazu nöthig werden, so gewährt es doch den grossen Vortheil, dass das Manöver durchaus sicher ist, und die Absperrung dem jedesmaligen Durchlassen eines Schiffes schnell und leicht bewirkt werden kann, während die Wiederanstellung anderer Stau-Vorrichtungen nur langsam von statten geht, und sonach mit einem grossen Wasserverlust verbunden ist, was für die Mühlen-Anlagen und theils für die Schiffahrt eine Senkung des Oberwassers nachtheilig sein würde. Das Heben des Schützes wird dadurch erleichtert, dass die Anschlüsse oberhalb des Wehrs bei dessen starkem Gefälle nicht weit sind, und sonach der Wasserdruck gegen das Schütz sich so sehr vergrössert, dass die Reibung dadurch in hohem Grade verstärkt würde. Die Vorrichtung zum Heben des Schützes besteht gewöhnlich darin, dass man dasselbe an zwei Flaschenzügen befestigt, und die beiden Töne der letzteren über eine gemein-

schlingt, welche durch ein grosses Haspelrad oder auch durch ein Laufrad gedreht wird.

Das Heraufziehen der Schiffe in den Durchlässen ist, obwohl nicht gefährlich, doch mühsam, und bedingt eine solche Anordnung des Zuges, dass die gewöhnliche Besspannung des Seiles hierzu in den meisten Fällen nicht genügt. Es ist daher nöthig, vor dem Einfahren in die Rinne noch Vorspann zu setzen, oder man muss gewisse mechanische Vorrichtungen benutzen, wie dieses nach der obigen Mittheilung auch auf der Lahn geschehen ist. Ausserdem wird der Leinenzug durch die Rüstung, der Schütz hängt, unterbrochen, während es dennoch nothwendig ist, das Schiff bis aus der eigentlichen Rinne herauszuholen, weil es erst zwischen den zurücktretenden Flügelwänden an eine Stelle gelangt, wo die Strömung mässiger wird, und es dort sicher befestigt werden kann. Zuweilen hilft man sich auch, dass die Pferde das Schiff anfangs nur bis gegen das Ufer ziehen, worauf es in dem heftigen Strome so lange liegen bleibt, bis die Pferde weiter stromaufwärts geführt sind, und die Leine unter dem Schütz hindurch an das Schiff zurückgebracht werden kann. Diese Anordnung ist indessen in mehrfacher Beziehung sehr nachtheilig, und giebt zugleich zu einem starken Wasserverluste Veranlassung.

Manmann empfiehlt die an der Vils und Naab übliche Methode, wobei die Zugleine nicht, wie sonst geschieht, am vordern Ende des Schiffes, oder vielmehr an der Stelle, wo der Mast zu stehen pflegt, sondern vielmehr ganz hinten befestigt wird. Diese Anordnung ist in sofern nicht nachtheilig, als ein Drehen des Schiffes wegen der beschränkten Breite des Durchlasses doch nicht möglich sein kann. Die Leine wird dabei aber nicht unmittelbar an das Schiff gebunden, sondern vielmehr über einen einscheibigen Block gezogen und während das eine Ende oberhalb des Durchlasses befestigt ist, sind die Pferde vor das andere gespannt. Die Kraft, welche die Pferde ausüben müssen, darf daher nur kleiner sein, als die Hälfte des Widerstandes, den das Schiff erfährt. Das Schiff wird aber, indem der einscheibige Block ganz hinten befestigt ist, wenigstens zum grössten Theile durch die Schützöffnung hindurchgezogen, so dass es beinahe mit seiner ganzen Länge im Oberwasser schwimmt, und daher leicht

gehalten und weiter geschoben werden kann. Sollte die Fortsetzung des Leinpfades zur Seite des Schiffsdurchlasses unmöglich sein, so kann man die Leine noch über eine Stelle leiten, die an der Griessäule befestigt ist, und alsdann die Pferde in jeder beliebigen Richtung am Ufer gehn lassen. Die letzte Vorrichtung giebt auch Gelegenheit, den Leinpfad zur Seite des Durchlasses noch in andrer Weise zu benutzen. Ein solcher Leinpfad ist nämlich gemeinhin ungefähr eben so steil an, wie der Durchlass selbst, stellenweise pflegt er aber noch steiler zu sein, wobei die Pferde, indem sie ihn ersteigen, keinen bedeutenden Zug ausüben können. Ihr Zug verstärkt sich aber ausserordentlich, wenn sie unter solchen Verhältnissen in der entgegengesetzten Richtung gehn. Man spannt daher die Pferde vor die Leine, nachdem dieselbe über eine feste Rolle am obern Ende des Durchlasses geschnitten ist, und lässt sie, während sie den Zug ausüben, den Leinpfad herabgehn. Endlich ist noch zu erwähnen, dass man in manchen Fällen die Leine oberhalb des Durchlasses an das Ufer oder einen Anker im Strome befestigt und das Schiff mittels einer kräftigen Winde-Vorrichtung, die sich auf demselben befindet, heraufzieht.

Als Beispiel eines grössern Schiffsdurchlasses will ich das neben dem Traun-Falle im Lande ob der Ens befindlichen beschreiben, der wahrscheinlich unter allen der grösste ist. Sein Gefälle beträgt nach v. Wiebeking's Angabe 48 Fuss.

Die Traun ist von Innsbruck abwärts schiffbar, indem sich bei der reichen Zuflüsse aus dem Hallstädter- und Ober-See vereinigen. Drei Meilen weiter tritt sie wieder in einen See, den Traunsee, und etwa eine Meile unterhalb Gmunden, wo sie den Traunfall verlässt, befindet sich der Traunfall, der dem daneben liegenden Dorfe den Namen gegeben hat. Die Traun bildet ausser dem in Rede stehenden noch mehrere natürliche Wasserstürze, die durch künstliche Stauanlagen verstärkt sind und jedesmal erfolgt der Uebergang der Schiffe über dieselben in Schiffsdurchlässen. Diese sind aber viel unbedeutender, als derjenige, den ich nachstehend beschreiben will. Die sämtlichen Constructionen, sowohl Wehre als Leinpfade, Einschränkungswerke und zum Theil selbst die Schiffsdurchlässe stimmen mit den §. 74 beschrie-

neen Senkkasten überein, und bestehen in dichten Holzwänden mit Steinschüttung.

Die Schifffahrt auf der Traun bezweckt allein den Salztransport aus dem Salzkammergut nach der Donau und namentlich nach Wien. Die Schiffe, die hier fahren, sind ungefähr 90 Fuss lang, 16 Fuss breit und gehen beladen bei kleinem Wasser wenig als 2 Fuss tief. Sie werden ausser dem Steuerruder mittelst Schurbäumen, und an den Stellen, wo die Tiefe die Benutzung der Stützen nicht gestattet, durch kurze Brettstücke an Stielen regiert, man an verschiedenen Stellen und namentlich in der Nähe des Vordertheiles schräg in das Wasser hält und die in derselben Weise, wie das eigentliche Steuerruder wirken. Diese Schiffe befahren nicht nur die Traun, sondern setzen auch auf der Donau, ohne dass das Salz umgeladen wird, den Weg bis Wien fort.

Fig. 245. Taf. LV zeigt die Lage des Wehrs und des Schiffsdurchlasses*). Der Stau ist grossentheils schon durch die Natur gebildet, indem eine Felsbank durch den Strom setzt, welche mit mächtigen Steinblöcken überdeckt ist. Das Wehr ist daher nicht sowohl ein zusammenhängender Bau, als es vielmehr nur die Zwischenräume zwischen den einzelnen Blöcken schliesst. Ausserdem ist es durch eine Menge Steifen gegen diese Blöcke gestützt. Zwischen seinem obern Ende und dem linken Ufer befindet sich bei D eine Freiarche, die durch ein Schütz von 24 Fuss Breite geschlossen ist, und zur leichtern Abführung der Fluthen dient. Das Gefälle beträgt hier etwa 40 Fuss, in dem Unterwasser liegt aber bis zur Mündung des Schiffsdurchlasses noch ein Gefälle von etwa 8 Fuss, so dass das ganze Gefälle der Rinne, wie bereits erwähnt, 48 Fuss beträgt. Das untere Ende des Wehrs lehnt sich an die linke Seite des Schiffsdurchlasses an. Weiter rechts unmittelbar neben dem Ufer befindet sich noch das Mühlengerinne, durch welches zwei Mühlen getrieben werden. Das Betriebswasser derselben fliesst dem Schiffsdurchlasse zu, und zwar ziemlich nahe an seiner obern Mündung, woher die Mühlen nur einen sehr kleinen Theil des Gefälles benutzen.

*) Diese Situations-Charte ist aus Wiebekings Wasserbankunst entnommen, doch sind einige Aenderungen nach sonstigen Notizen darin eingefügt.

Der Schiffsdurchlass erstreckt sich von A bis B und dessen Länge beträgt nach der v. Wiebekingschen Charta 114 Wiener Fuss (1341 Preussische), oder ist ungefähr der mittelmässigen Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser. Die Brücke misst im obern Theile des Durchlasses 90 Fuss, zwischen dem letztern und der Einmündung des zweiten Mühlen-Kanales nur 20 Fuss und von hier bis zum andern Ende 34 Fuss. Diese Angaben stimmen allerdings mit manchen dergleichen Messungen und Schätzungen überein, wurden aber wesentlich von denjenigen ab, die Verfassung im Texte seines Werkes macht. Letztere sind wohl eben so unrichtig, wie die Mittheilung, dass die Schiffe, welche die Tonne betreiben, bei der Länge von 90 Fuss nur 8 Fuss breit sein sollen. Das Schütz zum Schliessen des Durchlasses befindet sich an der C, seine Breite oder die lichte Entfernung zwischen den Gewänden beträgt 22 Fuss. Das Schütz wird in der herein angegebenen Art gehoben.

Der Schiffsdurchlass ist sowohl in der Sohle, wie in den Seitenwänden mit Holz verkleidet. Der linksseitige Einschnitt desselben, welche ihn von dem eigentlichen Flossbette trennt, ist wieder sehr verschieden, bald sind es gewachsene Felsen, bald grosse Felsblöcke, die man zum Theil durch Mauern, zum Theil durch Senkkasten mit einander verbunden hat. Ihre Oberfläche ist aber ziemlich geebnet, weil die Lein-Pferde darauf gehen. Die Bergfahrt geschieht in der Weise, dass immer zwei Schiffe zusammen ankommen: jedes ist mit zwei Pferden bespannt. Durch die andern kleinen Durchlässe fahren sie einzeln und zwar werden dabei die vier Pferde zuerst vor das eine und dann vor das andere Schiff gespannt. Diese Bespannung ist aber für den Trausfall noch nicht genügend. In einer im rechtsseitigen senkrechten Felsufer künstlich gebildeten Höhle, die als Stall dient, steht noch der Vorspann von vier andern Pferden. Jedes einzelne Schiff wird sonach mit acht Pferden bespannt, und dieses führt am zuerst über die Brücke nahe der untern Mündung des Schiffsdurchlasses auf dessen linksseitiges Ufer; die Zugleine wird ab dann unter der Brücke hindurchgezogen, und indem ein mässiger Zufluss durch das Oeffnen des Schützes gegeben wird, steigt das Schiff zwar langsam, aber doch ohne übermässige Anstrengung

Pferde bis vor die Mündung des zweiten Mühlen-Kanales herauf. Hier muss angehalten werden, indem der Leinenzug in dieser Weise nicht weiter fortgesetzt werden kann. Das Schiff wird sonach im heftigen Strome festgebunden. Die Pferde gehen über die obere Brücke auf das rechte Flussufer und zwar bis gegen die etwas vortretende Ecke bei E oberhalb der Mündung des Schiffsdurchlasses. Von hier wird die Leine in einem Nachen unter dem inzwischen vollständig geöffneten Schütz hindurch ans Schiff gebracht, und der Zug erfolgt nunmehr ohne weitere Unterbrechung, bis das Schiff sich im Oberwasser befindet, worauf es festgelegt wird und bis zur Ankunft des zweiten Schiffes liegen bleibt.

Sehr interessant ist es, die Schiffe hier herabfahren zu sehen. Nach meiner Schätzung betrug ihre Geschwindigkeit etwa 20 Fuss in der Sekunde. Das Wasser selbst hatte indessen nicht diese Geschwindigkeit, woher der Boden der Rinne hinter dem Schiffe ganz trocken erschien. In geringer Entfernung folgte jedoch eine hohe Welle, worauf die Rinne sich wieder mit Wasser füllte. Der Wasserdruck dicht vor dem Schiffe war so gross, dass namentlich an den Seitenablässen Wasserstrahlen plötzlich 3 bis 4 Fuss hoch aufstiegen. Während des Herabfahrens findet keine Gefahr statt, indem das Schiff durch die schmale Rinne, die nur wenige Fuss Spielraum lässt, sicher geleitet wird, bei der grossen Geschwindigkeit lassen sich hier auch keine andre Vorsichtsmanöver ergreifen. Die Mannschaft steht daher ruhig im Schiffe mit den erwähnten kleinen Steuerrudern in der Hand, und sobald das Unterwasser erreicht ist, müssen diese sogleich eingesetzt werden, damit das Schiff nicht etwa auf die Felsen vor dem rechten Ufer aufläuft. Bei der grossen Geschwindigkeit gegen das Wasser, das hier zwar schäumt und wirbelt, aber im weiten Profile nur langsam fliesst, dreht das Schiff auch sogleich und sicher nach der linken Seite und tritt in das offene Fahrwasser.

Auffallend sind die kleinen Seitenablässe, die einen Theil des Wassers aus der Rinne nach dem Strome führen. Sie waren eben sowohl, wenn Schiffe herauf-, als herabgingen, geöffnet, doch führten sie nur wenig Wasser ab, weil dasselbe bei der grossen Heftigkeit des Stromes die Seitenrichtung nicht schnell genug annehmen konnte.

In den Schiff-Durchlässen muss man noch die Oeffnungen in den Wehren, die zwischen ohne alle Vorkehrung zum Schliessen in der Werra angebracht sind. Die Rinne, welche die Schiffe in den Flüssen passieren müssen, ist gemeinhin weder gehörig regulirt, noch auch regelmässig eingefasst, noch auch im Boden etwas vertieft. Diese Anlagen sind so unvollkommen, und sind so geräuchelt, dass man Flüsse, auf denen sie vorkommen, unbenutzbar machen kann. In der Sauer, auf der Grenze zwischen Preussen und Luxemburg befinden sich Durchlässe dieser Art in grosser Anzahl. Die Mühlen daneben verlieren um 50 p. C. Wasser, je tiefer sie sind: es liegt daher im Interesse der Mühlen, dass man das Wasser halten und hierzu geben die unregelmässige und rauhe Natur des Wassers und der Steine vielfache Veranlassung. Die Durchlässe durch die Rinne ist bei der heftigen Strömung und den vielen darin liegenden groben Geschieben, die oft mehrere Fuss hoch sind, im höchsten Grade gefährlich. Die Schiffahrt bei diesen Anlagen ist ganz auf, und wird nur bei höheren Wasserständen betrieben, doch auch nur dann mit Schiffen, die nicht zu gross sind, dass sie diese Geschiebe nicht berühren. Im letzteren Falle räumt alsdann vielleicht die Rinne auf, und jedes Jahr ist die Wassertiefe darin noch immer etwas grösser, als im Jahre vorher.

In einzelnen Fällen, deren Anzahl indessen gewiss nur sehr geringe ist, umgeht man die Wehre in offenen Stromarmen. Dieses ist jedoch nur möglich, wenn die Wehre kein starkes Gefälle haben. Ausserdem müssen die Schiffahrtsarme, um nicht zu viel Wasser abzuleiten, und den Stau aufzuheben, enge und bedeutend länger sein, als der Hauptstrom. Sie sind sonach dem Hochwasser der Versandung ausgesetzt, erfordern überdies kostbare Ueberdeckungen und gewähren dennoch immer nur einen unbehaglichen Durchgang für die Schiffe, der überdies wegen seiner grossen Länge einen bedeutenden Zeitaufwand erfordert. Ein Beispiel dieser Art findet sich an der Werra, dem Städtchen Hildesheim gegenüber, wo die Schiffe durch einen schmalen einseitigen Arm das Wehr umfahren. Dieser Arm hat sich auch in neuerer Zeit dicht unterhalb des Wehrs mit dem Hauptstrom vereinigt, wodurch seine Benutzung noch viel unbequemer geworden ist, als sie früher war. In gleicher Weise wird auch

in der Oder liegende Wehr bei Oppeln auf einem engen und
 nach gekrümmten Arme umfahren, der die Weeske heisst.

§. 97.

Leinpfade.

Auf allen schiffbaren Strömen im westlichen und südlichen
 Deutschlande werden die Schiffe in der Bergfahrt durch Pferde
 gezogen, und die Uferbesitzer sind verpflichtet, diesen Leinenzug
 ihren Grundstücken zu dulden. Wie unangenehm und nach-
 theilig eine solche Verpflichtung auch sein mag, so ist sie
 doch eine Last, die schon Jahrhunderte hindurch auf dem Grund-
 besitz haftet und sonach rechtlich begründet ist. Die Uferfläche,
 auf der dieses Servitut ausgeübt wird, ist sonach nicht unbeding-
 tes Eigenthum des Besitzers, und darf nur soweit zu ökonomischen
 Werken benutzt werden, als der geregelte Betrieb des Leinen-
 zuges dieses gestattet. Der Ertrag dieser Fläche wird daher
 jedesmal vermindert und verschwindet in vielen Fällen ganz, selbst
 wenn der Boden an sich sehr fruchtbar ist.

Die gesetzlichen Bestimmungen sind in Bezug auf
 die Specialien dieses Servitutes sehr verschieden. In manchen
 Gegenden sind beide Ufer mit dieser Last behaftet und der Lein-
 pfad kann nach Umständen von dem einen auf das andere ver-
 legt werden, während häufig die Verpflichtung nur für dasjenige
 Ufer besteht, auf welchem der Leinenzug nach altem Herkommen
 ausgeübt wird. Jedenfalls hebt das Servitut nicht den Besitzstand
 auf, es bezieht sich auch keineswegs nur auf eine bestimmte
 Fläche, so dass es erlöschen könnte, sobald der bisherige Lein-
 pfad bei fortgesetztem Uferabbruche verschwände. Die Regierung,
 welche wohl in allen Fällen die sämmtlichen Schiffahrts-Anlagen
 auf grössern Strömen ausführen lässt und unterhält, hat sonach,
 obgleich der Leinpfad ohne Zweifel zu diesen gehört, nicht die
 Verpflichtung, für die Erhaltung des Leinpfadufers zu
 sorgen, denn sobald dieses zerstört wird und der bisherige Lein-
 pfad nicht mehr existirt, so eröffnet sich ein solcher von selbst auf
 dem neuen Ufer, und der Besitzer muss von diesem alle hinder-
 lichen Gegenstände entfernen. An denjenigen Strömen, wo die
 Uferbesitzer oder die angrenzenden Communen zur Erhaltung der

Ufer verpflichtet sind, entbindet sie daher das Servitut des Leinpfades keineswegs von dieser Verpflichtung.

Nach allen localen Gesetzen, soviel wir deren bekannt sind, muss der Grundbesitzer unbedingt das Ufer für den Leinenzug räumen, er muss daher Bäume, Sträucher, Zäune entfernen, sobald dieses bei der Veränderung des Ufers erforderlich ist. Selbst Gebäude machen hiervon gesetzlich keine Ausnahme, obtritt dieser Fall wohl niemals, wenigstens nicht bei uns ein, wenn der Leinpfad schon früher gesichert und ein vollständiger Uferausgeführt zu werden pflegt, ehe der Abbruch eines Gebäudes nöthig wird.

Eine grosse Schwierigkeit bietet häufig die Bestimmung der äussern Grenze, bis zu welcher der Leinenzug ausgeübt werden darf, und namentlich tritt ein solcher Zweifel bei sehr hohen Ufern ein. Jedenfalls muss bei dem höchsten noch schiffbaren Wasserstande die Ausübung des Leinenzuges möglich bleiben, aber der Weg, den die Pferde alsdann verfolgen, liegt häufig vom eigentlichen Fahrwasser oder vom tiefsten Stromschlauche so weit entfernt, dass er bei kleinem Wasser unmöglich als Leinpfad benutzt werden kann. Wenn sonach die Schiffahrt nicht leiden soll, so müssen die Zugpferde nach Maassgabe des Wasserstandes an ganz verschiedenen Stellen des Ufers geführt werden dürfen, oder das Servitut muss sich auf eine weit ausgedehnte Fläche erstrecken. Dass der Nachtheil des Grundbesitzers in diesem Falle übermässig gross wird, ist nicht in Abrede zu stellen, auch pflegt man alsdann durch Stromregulirung und Erhöhung des Leinpfades den Uebelstand möglichst zu mässigen, aber andererseits ist eine solche Ausdehnung des Servitutes gesetzlich nicht verboten, vielmehr durch altes Herkommen begründet. Eine bestimmte Breite für den Leinenzug zu benutzenden Ufers ist mit Ausnahme der Französischen Gesetzgebung, so viel wir bekannt, auch nirgend vorgeschrieben, und ganz unstatthaft ist es daher, wenn der Grundbesitzer willkürlich den Leinpfad so zu beschränken versucht, dass derselbe bei gewissen Wasserständen gar nicht zu passiren, oder wegen zu grosser Entfernung vom Fahrwasser unbrauchbar ist.

Nach der Französischen Gesetzgebung und zwar nach der Ordonnanz von 1669 haftet das Servitut des Leinpfades auf einem

Fuss breiten Streifen längs des Ufers. Wegen der Unbestimmtheit des letzten Ausdrucks wiederholten sich fortwährend vielfache Streitigkeiten. Die Uferbesitzer verlangten nämlich, dass bei der niedrigste Wasserstand zum Grunde gelegt werden sollte, behaupteten, dass sie die Ausübung des Leinenzuges nur bis 30 Fuss Entfernung vom Rande des niedrigsten Wassers den dürften. Bei dieser Auslegung verschwand indessen in den Fällen selbst bei mittlern Wasserständen der Leinpfad schon vollständig, und die Schifffahrt litt dabei zu sehr, als dass man eine solche Deutung eines Gesetzes, welches ohne Zweifel das Interesse des innern Verkehrs beabsichtigte, für die richtige ansehen durfte. Man hat demnach sowohl in der Preussischen Rheinprovinz, soweit daselbst das Französische Gesetz gilt, als auch in Frankreich selbst durch spätere Erklärungen die Stelle in der Art gedeutet, dass der Ausdruck „längs des Ufers“ (*de long des bords*) entweder den scharf markirten höhern Uferrand oder wenn ein solcher gar nicht vorhanden oder für den Leinenzug nicht brauchbar ist, die Grenze des Wassers beim höchsten noch schiffbaren Wasserstande bezeichnet.

Es wird sonach in diesem Falle eine gewisse Grenze der Schiffbarkeit vorausgesetzt, und die Erfahrung zeigt in der That, dass bei den höchsten Wasserständen die Schifffahrt, d. h. die Segelschifffahrt aufhört, wie schon oben bemerkt wurde. Die scharfe Bestimmung jener Grenze ist aber sehr schwierig, und man darf dabei auf manche ungewöhnliche Fälle nicht Rücksicht nehmen, in welchen einzelne Schiffe bei viel höherem Wasserstande fahren, als sonst geschieht. So kann der Kaufmann in Folge gewisser Handels-Conjuncturen, und namentlich wenn Aenderungen des Zolltarifs beabsichtigt werden, Veranlassung haben, ganz ungewöhnliche Transportkosten dem Schiffer zu bewilligen unter der Bedingung, dass die Ablieferung in einer genau einzuhaltenden kurzen Frist erfolge. Wenn alsdann gerade Hochwasser stattfindet, so geschieht es wohl, dass der Schiffer ganz unbekümmert um die sonstigen Leinpfade, die sämmtlich vom Hochwasser überfluthet werden, die Pferde überall gehn lässt, wo ein Feld in der Nähe des Stromes noch trocken liegt, und dadurch dem Uferbesitzer sehr grossen Schaden zufügt. In solchem Falle ist es natürlich seine Sache, sich mit den Uferbesitzern zu einigen und

sie zu entschädigen, aber es wäre ganz unstatthaft, ein solches Verfahren noch als Ausübung des gesetzlich begründeten Privilegs anzusehn.

Die Schifffahrt hört in der Regel auf, sobald das Wasser hoch anschwillt, dass die Leinpfade nicht mehr gangbar ist; die Höhe derselben und die Grenze der Schiffbarkeit hängen wechselseitig von einander ab. Wenn man aber von dem Grundsatze ausgeht, dass der Leinenzug im Allgemeinen auf dem natürlichen Wiesenlande neben dem Strome ausgeübt wird, so das weiter zurückliegende höhere Ufer oder der künstlich angebaute Leinpfad nur zur Verhinderung jener höheren Uferstrecke dient, um die stellenweise Unterbrechung des Leinenzuges zu verhindern; so leidet es keinen Zweifel, dass die Höhe des Wiesenlandes in der Nähe des Stromes sowohl die Grenze der Schiffbarkeit, als auch die Höhe des Leinpfades bezeichnet. Man muss dabei indessen immer den ganzen Strom oder wenigstens grosse Theile desselben zugleich berücksichtigen, und für eine gehörige Uebereinstimmung sorgen, damit das in der Bergfahrt begriffene Schiff nicht etwa zum Anlegen gezwungen wird, wo stellenweise die Leinpfade zu niedrig liegen und nicht mehr gangbar sind. Es ist daher nöthig, bei Bestimmung der Höhe derselben einen gewissen Beharrungs-Wasserstand zum Grunde zu legen. Im Allgemeinen werden die Ufer in den untern Stromstrecken niedriger, so wie auch die Anschwellungen darauf gleichfalls mässiger bleiben: der Leinpfad, dessen Höhe einem bestimmten höhern Beharrungs-Wasserstande entsprechen muss, liegt sonach in der ganzen Länge des Stromes nicht überall gleich hoch über dem niedrigen Wasser, sondern senkt sich gegen dieses, wenn man ihn in der Richtung des Stromlaufes verfolgt.

Wenn der schiffbare Strom in seiner ganzen Länge mit einer hinreichenden Anzahl von Pegeln versehen ist, welche regelmässig beobachtet werden; so ist es nicht schwer, eine gleichmässige Höhe des Leinpfades für alle Theile anzugeben. Ganz unstatthaft ist es aber, hierbei die Abweichungen der einzelnen Pegel unter sich, sowie auch das verschiedenartige Anschwellen des Stromes an den verschiedenen Stellen (in Folge der verschiedenen Breite des Thales oder des Fluthprofils) unbeachtet zu las-

nen, und eine gewisse Pegelhöhe ganz allgemein als Höhe des Leinpfades anzunehmen. Andererseits ist es aber auch nicht rathlich, die gleichmässige Höhe des Leinpfades aus directen Beobachtungen des Wasserstandes während einer einzigen entsprechenden Anschwellung herzuleiten. Man würde dabei nämlich den Einfluss der Bäche und Flüsse, die sich in den Hauptstrom ergiessen, nicht leicht mit ihrem wahren Werthe berücksichtigen, denn nach Maassgabe der localen Witterungs-Verhältnisse findet zwischen den Wassermengen, welche diese Seitenzuflüsse und der Hauptstrom liefern, keineswegs jedesmal ein constantes Verhältniss statt. Die einzelne Beobachtung kann daher leicht ein Resultat geben, welches von dem durchschnittlichen bedeutend abweicht. Die sicherste Methode beruht darauf, dass man für alle Pegel diejenigen Wasserstände aufsucht, welche während einer längern Periode in gleicher Anzahl von Tagen überschritten sind. Wenn z. B. an einer gewissen Stelle die Leinpfadshöhe als angemessen erachtet wird, und man dieselbe auf dem ganzen Strome in Anwendung bringen, oder den ganzen Leinpfad auf die entsprechende Höhe legen will; so untersucht man, welchem Wasserstande am nächsten Pegel jene zum Grunde zu legende Höhe entspricht, und ermittelt aus den Wasserstands-Tabellen, an wieviel Tagen während eines gewissen Zeitraumes von einem oder mehreren Jahren dieser Wasserstand überschritten wurde. Für jeden andern Pegel an demselben Strome kann man alsdann leicht den entsprechenden Wasserstand aus den Tabellen herleiten, indem dieser während desselben Zeitraumes in einer gleichen Anzahl von Tagen auch überschritten werden musste. Es ist hierbei vortheilhaft, eine recht lange Beobachtungs-Periode zum Grunde zu legen, weil dadurch die einzelnen Anomalien am sichersten umgangen werden, doch ist dieses in vielen Fällen wegen Unvollständigkeit oder Unsicherheit der Beobachtungen nicht möglich, und man muss sich alsdann wohl auf die Beobachtungen während eines einzigen Jahres beschränken. Jedenfalls muss aber dieselbe Beobachtungs-Periode bei allen Pegeln zum Grunde gelegt werden, und man darf nicht etwa bei den verschiedenen Pegeln verschiedene Jahrgänge benutzen, weil die höhern Wasserstände keineswegs sich regelmässig wiederholen. Bei Bestimmung der Leinpfadshöhe für die Mosel ist man von dem Grundsätze ausgegan-

gen, dass durchschnittlich in jedem Jahre der Leinpfad während 10 Tagen überfluthet wird. Ein grosser Theil dieser Zeit ist aber mit dem Eisgange zusammen, oder mit so hohen Wasserständen, dass der starke Strom die Schiffahrt jedenfalls verbieten würde, wenn die Leinpfade auch höher lägen. Diese Höhenlage ist daher wohl als vollkommen ausreichend zu betrachten, dem wenn es auch geschehn kann, dass der Schiffer in seltenen Fällen einen oder zwei Tage warten muss, bevor die Leinpfade wieder gangbar werden, obgleich die sonstigen Umstände die Fahr schon zulässig machen, so kommt dieser geringe Zeitverlust gegen die übermässigen Mehrkosten und sonstigen Nachtheile nicht in Betracht, welche eine grössere Erhöhung des Leinpfades verursacht haben würde.

Die Bestimmung der Leinpfadshöhe ist vorzugsweise bei allen Anlagen nothwendig, die man behufs der Erleichterung des Leinenzuges und zur Verhinderung einer Unterbrechung desselben ausführt. Man findet zwar jedesmal Ufer, welche die erforderliche Höhe haben, aber sie sind für die Ausübung des Leinenzuges nicht mehr brauchbar, wenn sie von dem Schiffahrtswege zu weit entfernt liegen. Welche grosse Erschwerung des Zuges und welche sonstigen Uebelstände aus der weiten Entfernung des Leinpfades hervorgehn, ist schon früher auseinandergesetzt (§. 95). Es entsteht daher die Frage, wie weit der Leinpfad von dem Fahrwasser ohne wesentlichen Nachtheil der Schiffahrt entfernt sein darf? Eine allgemein gültige Antwort ist hierauf nicht zu geben, und gewiss ist für grössere Ströme auch eine grössere Entfernung noch zulässig. Man muss jedenfalls, um sich hierüber ein richtiges Urtheil bilden zu können, die Art des Schiffahrtsbetriebes auf den betreffenden Strömen näher untersuchen, und namentlich aus andern Stellen, wo die Schiffahrt noch nicht wesentlich behindert erscheint, auf diejenigen Massregeln schliessen, die man in jedem einzelnen Falle zu ergreifen hat. Dabei kommen indessen noch verschiedene andre Umstände in Betracht. Die Entfernung des Leinpfades kann um so grösser sein, je mehr dessen Richtung mit der des Fahrwassers stromaufwärts convergirt. Der nachtheiligste Fall ist derjenige, wenn das Schiff einer grossen Entfernung vom Leinpfade unerachtet sich davon noch weiter entfernen muss, und dieses geschieht ge-

meinhin in den Stromkrümmungen, wenn der Leinpfad auf dem convexen Ufer liegt. In den Krümmen zieht sich fast jedesmal das Fahrwasser längs des gegenüberliegenden Ufers hin und wenn man zum Fahrwasser, so wie zu dem Leinpfade Tangenten zieht und zwar an solchen Stellen, wo das Schiff und die Pferde gleichzeitig sich befinden, so divergiren beide Tangenten gemeinhin sehr stark. Man wird daher in diesem Falle immer dafür sorgen müssen, dass der Leinpfad sich nicht weit vom Flossbette entferne. Demnächst ist aus den oben angegebenen Gründen die weite Entfernung des Leinpfades um so nachtheiliger, je heftiger die Strömung und je enger das Fahrwasser ist. Auch die herrschende Windesrichtung ist hierbei von wesentlichem Einfluss, denn die sehr schräge gespannte Leine zieht schon jedesmal das Schiff nach dem Leinpfadsufer hin, und man kann es davon nur entfernt halten, indem man es immer nach dem entgegengesetzten Ufer richtet. Trifft es sich nun, dass der Wind es in derselben Richtung, wie die Leine ablenkt, so wird häufig das Abhalten ganz unmöglich, und besonders ist das Vorbeifahren an weit vortretenden Bühnenköpfen in diesem Falle zuweilen ganz unthunlich. Man muss, wie schon oben (§. 73) bemerkt wurde, bei Entwerfung der Stromregulirungs-Projecte die Lage des Leinpfades nie unberücksichtigt lassen, und selbst mit Aufopferung mancher andern bedeutenden Vortheile sich immer bemühen, das Fahrwasser möglichst nahe an den Leinpfad zu bringen. Diese Rücksicht ist bei der Wahl zwischen zwei Stromarmen besonders wichtig.

In regelmässigen Stromstrecken, so wie auch in solchen, die nicht besonders stark gekrümmt sind, darf der Leinpfad unbedenklich dem Fahrwasser gegenüber liegen, denn es ist nicht unbillig, von dem Schiffer zu verlangen, dass er mit hinreichenden Leinen versehn sei, um das ganze Strombette zu überspannen. Nur auf den grössten Strömen, wo zugleich ein starker Verkehr stattfindet, wird hiervon eine Ausnahme gemacht, und die Stromregulirungen haben daselbst oft keinen andern Zweck, als das Fahrwasser selbst in regelmässigen Stromstrecken dem Leinpfade näher zu bringen.

Wenn die Ufer sehr niedrig und sumpfig sind, kann der Leinenzug nicht in der Nähe des Strombettes ausgeübt werden, die Pferde müssen alsdann auf dem höhern Ufer gehn, wodurch

wieder die Verlängerung der Leine und eine schrägere Richtung derselben bedingt wird. Liegt das höhere Ufer soweit entfernt, dass der Leinizug dadurch wesentlich erschwert wird, so muss der Leinpfad künstlich ausgebaut werden. Er bildet ab dann einen erhöhten Damm, der sich über die niedrige Uferstrasse zur Zeit des Stromes hinzieht. Die Höhe dieses Damms muss der allgemeinen Leinpfadshöhe entsprechen, er wird überdies dem Ufer möglichst nahe und parallel zum Strome zu legen sein und besonders dürfen darin keine scharfen Krümmungen vorkommen, wobei die Pferde der Gefahr ausgesetzt würden, herabgerissen zu werden. Gemeinhin befinden sich solche niedrige Uferstellen an den Mündungen der Bäche und Seitenflüsse, und es dürfen nach die erforderlichen Brücken darin nicht fehlen. Ueber die Breite eines künstlichen Leinpfades und die Art seiner Befestigung wird später die Rede sein, im Allgemeinen ist aber in Betreff desselben noch ein Umstand besonders wichtig. Die Grundbesitzer sehn es nämlich fast immer sehr gern, wenn ein Leinpfadsbau dieser Art zur Ausführung kommt, denn wenn die Bodenfläche, worauf derselbe geschüttet wird, auch gar keinen Ertrag mehr giebt, so hört dadurch nicht nur das fernere Betreten der Wasserfläche zur Seite auf, sondern ausserdem übernimmt der Staat in diesem Falle gemeinhin stillschweigend auch die Verpflichtung zur Deckung des Ufers, insofern er den ausgebauten Leinpfad nicht der Gefahr aussetzen darf, durch fortgesetzten Uferabbruch zerstört zu werden.

Man findet vielfache Beispiele solcher Leinpfads-Anlagen, und zuweilen sind sie in grosser Länge zur Ausführung gebracht. So hat der Leinpfadsdamm an der Mündung der Ahr in den Rhein im Coblenzer Regierungs-Bezirk mit Einschluss der darin liegenden drei Brücken die Länge von nahe ein Drittel Meile. Die Bauten dieser Art sind indessen immer sehr bedenklich und man thut daher wohl, soweit es irgend geschehen kann, zu unterlassen. Einerseits sind die Grundbesitzer in solchen Falle immer der Ansicht, dass das Servitut des Leinizuges dadurch aufgehoben wird, und verlangen gemeinhin, dass die Pferde später bei allen Wasserständen auf dem ausgebauten Leinpfade bleiben, und selbst die Sand- und Kiesflächen am Rande des Strombettes zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes nicht betreten

noch weniger aber dulden sie es, dass die Pferde bei hohem Wasser auf dem Ufer hinter dem Leinpfade gehn. Hier ist es dringend nöthig, einen solchen Leinpfad gleich in der vollen Höhe aufzuführen. Man meint oft, dass man die Schifffahrt schon wesentlich erleichtern könne, wenn man den Leinpfad nur so hoch legt, dass er bei den gewöhnlichen Schiffsta-Wasserständen bequem zu passiren ist. Aber diese halbe Massregel schadet weit mehr, als sie nützt, weil sie die bestehenden Verhältnisse aufhebt, ohne hinreichenden Ersatz zu bieten und oft den Leinenzug bei höherm Wasser vollständig unterbricht. Solcher Bau dieser Art wird sogar von den Schiffen als höchst nachtheilig bezeichnet, weil die Grundbesitzer nach der Ausführung derselben nicht mehr gestatten wollen, die Pferde bald hier und bald dort treiben zu lassen, wie es für den Zug am bequemsten ist.

Jedenfalls muss das Interesse des Grundbesitzers auch berücksichtigt werden, und unter keiner Bedingung ist es statthaft, dass die Pferde nur nach der Willkühr der Treiber weite Vor- und Ruckzettel zutreten dürfen. Dazu kommt noch, dass zwischen den einzelnen Dorfschaften häufig in Bezug auf das Vermieten der Leinpfade eine grosse Rivalität stattfindet, und in diesem Falle werden die Wiesen, die andern Pferdetreibern gehören, immer am meisten beschädigt.

Der erwähnte Uebelstand wäre am sichersten zu beseitigen, wenn man recht nahe am Ufer den Leinpfad in seiner vollen Höhe aufbaute: aber diese Höhe ist gemeinhin so bedeutend, dass der Bau nicht nur in der Anlage und Unterhaltung sehr kostbar wird, sondern er ausserdem auch noch die unangenehmsten Collisionen in Bezug auf die Fluthverhältnisse veranlasst. Einerseits pflegen die Besitzer der gegenüberliegenden Ufer sich zu beschweren, dass sie in Folge der starken Verengung des Fluthprofils bei den höchsten schiffbaren Wasserständen in Angriff versetzt werden, andererseits aber sind solche hohe und freiliegende Leinpfadsdämme nichts Anders als eine Art von Deichen und führen daher ähnliche Nachtheile wie diese herbei. Das Wasser, welches sonst ungehindert auf die Wiesenfläche, und zwar in der ganzen Länge derselben eintreten konnte, muss später durch die Brücken im Leinpfade ein- und ausströmen. Dadurch werden heftige Strömungen und tiefe Einrisse im Boden verursacht, auch wohl stel-

lenweise Versandungen herbeigeführt. Man vermeidet sowohl die Anlagen dieser Art keineswegs die Collisionen zwischen den Grundbesitzern und Schiffern, vielmehr werden diese sogar in höherm Maasse, so wie auch Klagen von beiden hervorgerufen.

Wenn sonach das Ufer in seiner natürlichen Beschaffenheit keine wirkliche Unterbrechung des Leinenzuges bedingt, wenn nur die Beschwerden der Uferbesitzer über das Treiben der Pflüge auf ganz verschiedenen Stellen der Wiese eine Abhilfe unwerth machen, so ist es wohl immer gerathener, eine solche andere Art zu versuchen, als sogleich zur Anlage eines Leinpfades zu schreiten. In vielen Fällen hören die Beschwerden schon auf, sobald man nur für gewisse Wasserstände bestimmte Leinpfade anweist, und dafür sorgt, dass diese bis zum Ende höherer Anschwellungen inne gehalten werden. Man stellt zu diesem Zwecke an der Landseite des Pfades eine Reihe Stangen etwa in Abständen von 5 Ruthen aus. Diese bezeichnen die Richtung, in welcher die Pferde gehn müssen, und selbst wenn das Wasser einen Fuss hoch den Grund überfluthet, können die Pferde mit voller Sicherheit darüber gehn, die Stangen verhindern sogar, dass die Pferde in Vertiefungen fallen, die sich vielleicht an der Seite befinden. Nur wenn das Wasser gegen zwei Fuss hoch den abgesteckten Pfad bedeckt, oder wohl gar heftig darüber strömt, muss der Leinenzug an einer höhern Uferstelle ausgeübt werden. Ausserdem bietet sich häufig noch andere Gelegenheiten dar, die Uferbesitzer zufrieden zu stellen. Dieses geschieht nicht sowohl durch Geld, als vielmehr durch Unterstützung beim Uferbau, bei Unterhaltung von Brücken, welche für den Leinenzug mit benutzt werden, und besonders dadurch, dass man einzelne Stellen des Leinpfades, die besonders tief ausgetreten sind, wieder erhöht und ausgleicht.

Wenn ein ausgebanter Leinpfad etwas entfernt vom Strome liegt, so ist man häufig gezwungen, noch einen zweiten dicht neben dem Flusshette, oder den sogenannten Sommer-Leinpfad anzuordnen, der beim kleinsten Wasser benutzt wird. Ein solcher erfordert gemeinhin wenig Vorbereitung, und die einzigen Anlagen, welche dabei vorkommen, bestehn in den Zu- und Abgängen zum Hauptleinpfade, die man Ab- und Aufritte zu nennen pflegt.

Eine zweite Veranlassung zum Ausbau der Leinpfade geben hohe und steile Ufer, und zwar nicht nur in Gebirgs-Gebieten, sondern sehr häufig auch im flachen Lando. Die ermittelte Höhe der Leinpfade bezeichnet nur die untere Grenze derselben, sie können unbedenklich etwas höher sein. Es ist jedoch eine grosse Unbequemlichkeit anzusehn, wenn sie in bedeutender Höhe, also etwa 20 Fuss oder noch höher über dem Wasserspiegel liegen. Ausserdem muss es sorgfältig vermieden werden, dass die Pferde, während sie einen starken Zug ausüben, zugleich theil ansteigen. In der Richtung, in welcher die Pferde ziehn, dürfen daher keine starken Steigungen vorkommen, oder der Pfad muss sich stromaufwärts immer sanft erheben, während er ohne Nachtheil in derselben Richtung ziemlich steil abfallen darf. Diese Umstände machen schon häufig den Ausbau eines Leinpfades nothwendig, aber wenn auch ein Ufer in mässiger Höhe und ziemlich eben sich neben dem Strome hinzieht, so kann man dasselbe dennoch zuweilen nicht zum Leinenzuge benutzen, weil die Einrisse darin sich soweit landwärts erstrecken, dass die Pferde, um bei diesen vorbeizukommen, sich zu weit vom Strome entfernen müssten. Absätze in dem Ufer, die ihrer Höhe nach vielleicht für den Leinenzug noch brauchbar wären, sind aber gemeinhin ohne vollständigen Ausbau nicht zu benutzen, weil sie untereinander nicht im Zusammenhange stehn, oder auch weil sie zu schmal sind, oder stromaufwärts zu stark ansteigen, als dass die Pferde mit Sicherheit darauf gehn könnten.

Am Fusse hoher Ufer bildet sich gewöhnlich durch die abgestürzten Fels- oder Erdmassen eine flache Dossirung, die, so lange der Ausbau nicht erfolgt ist, bei allen Wasserständen als Leinpfad benutzt wird. Die Schwierigkeiten pflegen hierbei indessen sehr gross zu sein, da der Pfad höchst uneben, nach dem Strome stark geneigt, oft mit Steinblöcken gesperrt und gewöhnlich stellenweise, wo Quellen hervorbrechen, sehr sumpfig ist. Dazu kommt noch, dass einzelne vortretende Ufer-Ecken oft nur mit der grössten Gefahr passirt werden können.

In allen Fällen dieser Art ist der Ausbau des Leinpfades dringend nöthig. Man legt ihn gemeinhin in diejenige Höhe, welche durch die angegebene Untersuchung als die passende ermittelt ist. Eine mässige Erhebung darüber würde zwar

an sich ohne Nachtheil sein, aber dadurch entfernt man sich von dem Ufer, und Theils den Leinpfad vom Fahrwasser, und andern Theils von dem Ufer über den Uebergang über die Schluchten oder die Mündungen der Nebenflüsse in der Regel erschwert, und im Allgemeinen verschlechtert sich diese Schwierigkeit mit der zunehmenden Höhe, in welcher man die Einrisse überschreiten will. Nur in den Fällen, in denen sich in geringer Entfernung ein breites und flaches Banket oder ein leicht auch das Plateau des Ufers sich vorfindet, benützt man dasselbe.

Gewöhnlich erhält der Leinpfad unter solchen Verhältnissen die erforderliche Breite dadurch, dass man ihn zur Hälfte an das Ufer einschneidet, und die andre Hälfte aus dem dadurch gewonnenen Material bildet. Letzteres ist aber dem Angriffe des Stromes blossgestellt, und würde sonach sogleich wieder fortgeführt werden, wenn man es unbefestigt liegen liesse. Aus diesem Grunde ist man immer gezwungen, die Leinpfadsoberfläche gleich an der Uferdeckung zu behandeln, und sie entweder zu bepflanzen oder wo ein starker Angriff des Stromes zu besorgen ist, mit einer Steindecke oder trocknen Mauer zu schützen. Im letzteren Falle wird der Bau besonders kostbar, selbst wenn das Baumaterial in unmittelbarer Nähe gewonnen wird, aber gemeinhin wird der Bau unter diesen Umständen auch am dringendsten, und es pflegt alsdann noch den grossen Vortheil zu gewähren, dass er zugleich eine nothdürftige Verbindung zwischen den einzelnen Ortschaften im Flussthale darstellt. Im Allgemeinen ist hienach noch darauf aufmerksam zu machen, dass man, so viel es irgend geschehn kann, solche Leinpfadsstrecken, die zugleich künstliche Ufer bilden, in regelmässigen Curven ziehn und scharfe Ecken darin vermeiden muss.

Endlich wird der Ausbau eines Leinpfades häufig noch dadurch veranlasst, dass das Ufer sehr sumpfig ist und die Pferde beim Betreten desselben tief versinken. Erhöhungen pflegen in diesem Falle wenig zu helfen, weil sie den Abfluss des Wassers noch mehr sperren und sonach der neue Damm bald wieder durchwässert wird, und seine Festigkeit verliert. Die Anlage einer Brücke oder wenigstens eines Sicker-Kanales muss daher mit der Dammschüttung verbunden werden. Einfacher ist es jedoch in vielen Fällen, nur für die Befestigung des Grundes zu sorgen, und ein Steinbette anzubringen, worüber der Leinpfad

et wird. An denjenigen Stellen aber, wo man das
er den Leinpfad leiten will, werden gepflasterte Mul-
den.

Bei jeder Gelegenheit sind die Beschädigungen zu er-
warten, welche die Leinpfade durch das Hochwasser erleiden.
Um mit der Wiesenfläche in gleicher Höhe, so pflegen die
Mulden nicht bedeutend zu sein: es geschieht indessen
der Pfad tief ausgetreten wird, und da er mit dem Strome
gerichtet ist, so bildet sich in ihm eine heftige Strömung,

die häufig stark ausreißt. Am meisten wiederholt sich
dies an er an beiden Seiten durch Weidengebüsch einge-
schloß, welches eine fortwährende Erhöhung des Grundes
verursacht, während er selbst seine ursprüngliche Höhe behält.
Sobald eine tiefe Furche bildet, die sich zur Zeit des
Hochwassers in einen Kanal verwandelt, den der Strom noch
tiefer fließt. Die Ausfüllung mit Sand und selbst mit grobem
Kies ganz erfolglos, in sofern sie immer von Neuem ausge-
füllt wird. Man muss vielmehr durch sehr solide Befestigung
versuchen den Strom zu brechen suchen. Man pflastert
an einigen Stellen von einigen Ruthen erhöhte Schwellen quer
über den Leinpfad, oder was noch besser und gemeinhin viel
ist, man zieht in geringem Abstände niedrige Flecht-
durch, welche bei der spätern Anfüllung der ganzen
Leinpfade so weit überschüttet werden, dass sie das Gehen
nicht hindern.

Die Breite der Leinpfade wird gemeinhin zu 12 Fuss
betragen. Bei kleinen Strömen, wo die Schiffe nur durch
gezogen werden, und zugleich die Strömung schwach
ist, liegt der Leinpfad sehr nahe am Fahrwasser, kann die
Entfernung Zweifel noch geringer sein, und vielleicht auf die
Hälfte vermindert werden. Andererseits ist aber die angegebene
Breite starker Bespannung und im heftigen Strome noch kei-
nigend. Sobald die Pferde einen kräftigen Zug aus-
üben, stellen sie sich jedesmal in die Richtung der Leine
um, indem sie den Leinpfad verfolgen müssen, zur Seite,
zu traversiren. Sind daher an die einzelne Leine mehr
Pferde gespannt, so reichen sie weit über den Pfad von
der Leine heraus. Die Rheinstrasse im Coblenzer Regie-

rungs-Bezirke, die theilweise zugleich Leinpfad ist, wüßten selten durch die Leinpfade so vollständig gesperrt, dass die Fuhrwerke warten müssen, bis der Zug die Chaussee verlassen hat.

Manchen Schwierigkeiten in der Einrichtung der Leinpfade würde man mit Leichtigkeit begegnen, wenn man beliebig über das Ufer man wollte, von einem Ufer auf das andre übergehen dürfte. Jedoch verbietet sich indessen gemeinhin schon dadurch, dass die Servitut nur auf einem Ufer haftet, ausserdem ist aber das Leinpfad setzen der Leinpfade, oder das sogenannte Ueberschlagen oder Sprengen so mühsam und zeitraubend, dass es soviel als möglich vermieden werden muss. Häufig liegt einem Leinpfadbau keine andre Absicht zum Grunde, als einen Theil des bestehenden Ueberschlags entbehrlich zu machen. Wenn die Pferde an das andre Ufer gebracht werden sollen, muss man das Schiff vor Anker legen, die Leine einholen, die Pferde herüberschleifen, alsdann mit dem Nachen, worin die Leine liegt, bis zu der Stelle hinauffahren, wo die Pferde wieder vorgespannt werden sollen; ferner die Leine ans Ufer geben und deren andres Ende von dem Schiffe bringen, endlich sie aufs Neue im Maste einschnüren und die Anker lichten. Selbst auf kleinen Strömen verursacht ein Ueberschlag den Zeitaufwand von etwa zwei Stunden, am Rhein dauert es aber jedesmal wenigstens vier Stunden, bis das Schiff wieder in Fahrt kommt, wiewohl dabei jedesmal eine Fähranstalt oder eine Brücke zum Herüberschleffen der Pferde benutzt wird, weil der Schiffer die dazu erforderlichen Nachen nicht mit sich führt. Nur auf der Ems, wo die Strömung sehr mässig ist, wird das Pferd in demselben Schiffe, welches es zieht, so oft es nöthig ist, übergesetzt. Das Schiff, Pünke genannt, ist zu diesem Zwecke vorn nicht zugespitzt, sondern wie eine gewöhnliche Fähr stark verbreitet, und mit einer Brücke versehen, auf welche das Pferd hinauf springt, sobald es an das andre Ufer gebracht werden soll.

Damit der Leinenzug nicht behindert werde, muss der Raum zwischen dem Strome und dem Leinpfade frei bleiben. Es genügt aber keineswegs, dass hier nicht etwa Bäume u. dgl. vorkommen, sondern es dürfen auch keine niedrigen Geröllstände sich daselbst befinden, woran die Leine hängen bleiben könnte. Letztere fällt nämlich der Spannung ohnerachtet ver-

ihres Gewichtes hinter den Pferden auf den Boden, und über denselben fort. Sie bleibt sonach an jedem Steine, Heu u. dgl. hängen, wenn sie nicht vielleicht herüberwerfen kann. Um letzteres zu befördern, werden vielfach die genannten Streichhölzer oder Streichbäume angebracht, deren Anordnung ohne weitere Beschreibung sich aus Fig. 246 Taf. LV ergibt. Dieselben dürfen namentlich vor allen Zäunungsgeländern u. dgl. nicht fehlen, damit die Leine immer von selbst sich auf diese heraufziehen kann. Nichts desto weniger ist diese Vorsicht in vielen Fällen noch nicht, um die Leine zu erhalten, da sie häufig an Wurzeln, selbst an Unebenheiten des Rasens u. dgl. haftet. Zuweilen muss daher ein Arbeiter hinter den Pferdezuge gehn, um überall, wo es nöthig ist, die Leine zu machen. Besonders muss derselbe die leichten Thore in Zäunen, welche zur Begrenzung der Viehweiden dienen, öffnen und wieder schliessen und dafür sorgen, dass die Leine auch nicht hängen bleibe.

Die Beschädigungen, welche die Leine durch das Streichen über den Boden verursacht, sind ausserordentlich gross. Eine Benutzung des Vorlandes zum Gartenbau oder zur Gewinnung von Feldfrüchten wird beinahe unmöglich, nur wenn der Leinpfad bedeutend höher ist, kann man bei geringer Breite eines davor liegenden Gartens diesen durch einen Streichbaum schützen, der sich über seine ganze Länge hinzieht. Dergleichen Culturen unmittelbar neben dem Strome werden indessen wegen der Auflockerung des Grundes oft sehr nachtheilig, auch kommen sie nur selten vor. Gemeinhin wird der Uferrand als Weide oder Wiese benutzt, doch auch auf die Grasnarbe übt der Leinenzug einen sehr nachtheiligen Einfluss. Die Leine verhindert nämlich nicht nur bei frequenter Schifffahrt die Bildung des neuen Rasens, sondern selbst wo ein solcher besteht, zerstört sie ihn. Besonders zeigt sich dieses auf höhern und etwas sandigen Ufern, wo der Graswuchs durch die Trockenheit des Bodens schon an sich erschwert ist, und daher einer besondern Schonung bedarf. Solche Ufer sind aber vorzugsweise dem Angriffe des Stromes ausgesetzt: sobald sie abbrechen, legt man den Leinpfad zurück, und in kurzer Zeit zerstört die Leine auch hier den Rasen und schneidet stellenweise tiefe Rinnen in den Boden ein, wodurch der fernere

Abbruch des Ufers wieder verstärkt wird. In solchen Fällen ohne Zweifel das Leinpfads-Servitut am drückendsten, da nicht nur jede Benutzung des Bodens verbietet, sondern dem auch wesentlich den Abbruch befördert.

Auch das Bepflanzen des Vorlandes mit Weiden wird durch den Leinenzug sehr erschwert: namentlich die Stecklinge, ehe sie angewachsen sind, durch die darüber hängende Leine. Eine grosse Anzahl derselben wird herausgerissen oder abgebrochen, sowie auch die Triebe im ersten Stadium häufig abbrechen. Man muss daher eine ununterbrochene Reihe von Streichhölzern darüber anbringen, wobei jedoch keine Beschädigungen auch wohl Entwendungen vorkommen, wodurch der Zweck keineswegs sicher erreicht wird. Zuweilen kommen in geringen Entfernungen von einander starke Zweige in schräge in den Boden ein, welche in ähnlicher Weise, wie lebendige höhere Weidengebüsch, sich zwar unter dem Leinen biegen, aber dieselbe doch tragen und ihr Herabfallen auf den Boden verhindern. Auch geschieht es, dass Faschinen in ähnlicher Art mit dem Stammende in den Boden befestigt, aber jedenfalls müssen diese eben sowohl wie die anderen Zweige so nahe nebeneinander stehen, dass sie sich gegenseitig unterstützen und das Herabfallen der Leine bis zu einer neuen Pflanzung überall sicher verhindern. Solche Anlagen besonders stark beschädigt, wenn auch für die Thätigkeit der Leinenzug ausgeübt wird, indem die Leine wegen der entgegengesetzten Richtung überall hängen bleibt und alle Schutzvorrichtungen herausreisst. Dieses geschieht jedenfalls nur selten, und da es zweifelhaft ist, ob die Anlage dazu im Leinpfads-Servitut begründet ist, so muss die Anlage darauf gefasst sein, den verursachten Schaden zu ersetzen, sobald die Pflanzungen angewachsen sind, vertreten die Weidenruthen die Stelle jener künstlichen Vorrichtungen. Unter günstigen Umständen kann man das Ueberhandnehmen des Leinen nicht mehr als nachtheilig ansehen, wiewohl es in Folge des immer in derselben Richtung wiederholten Zugens sich stromaufwärts zu neigen pflegen. Will man die Pflanzungen aber abtreiben, so muss man in geringen Entfernungen Büschel stehen lassen, welche den jüngern Aufschlag des

Wenn der Leinpfad neben einer Serpentine auf dem con-
 verser liegt, so ist der Zug schon wegen der Entfernung vom
 Wasser und der schrägen Richtung der Leine sehr erschwert,
 dabei aber häufig auch noch der Uebelstand ein, dass
 wegen der heftigen Strömung an einzelnen Stellen die Leine
 gehörig verkürzen kann, und dieselbe sonach eine noch
 theiligere Richtung annimmt, indem sie über das Ufer und
 über den Leinpfad zurückschlägt, wie Fig. 247 zeigt. Die
 schräge Richtung der Leine ist indessen hierbei keineswegs der
 Uebelstand, auch die Pferde sind gezwungen, sich ganz
 gegen den Leinpfad zu stellen, und können daher nur
 grosser Anstrengung weiter kommen. Endlich aber verur-
 sacht die Leine, in sofern sie in grosser Länge auf dem Ufer
 schon hier eine übermässige Reibung, wodurch der erfor-
 derliche Zug aufs Neue zunimmt. In solchen Fällen wird die Berg-
 arbeit wesentlich erleichtert, wenn man an den vorspringenden
 Strecken, und zwar an der innern Seite des Leinpfades, gewisse
 Einrichtungen aufstellt, woran die Leine hängen bleibt und sonach
 durch die punktirte Linie in der Figur angegebene Richtung
 nehmen muss. Man überzeugt sich leicht, dass die erwähnten
 Uebelstände hierdurch wesentlich vermindert werden. Schon ein
 Baumstamm oder ein Pfahl, der die Leine zurückhält, ist von
 grossem Nutzen, die Leine bildet aber bald darin tiefe Furchen
 und schneidet ihn in einigen Jahren vollständig durch, während
 sie selbst dabei in gleichem Maasse leidet. Durch Aufnageln
 von Eisenschienen wird dieses keineswegs verhindert, denn auch
 in Eisen bilden sich bald tiefe Rinnen. Dieselben zeigen sich
 zwar so vollständig polirt, dass die Leine darin nicht viel leiden
 kann, aber indem die Furchen immer tiefer werden, so muss man
 dafür sorgen, dass die Schiene nicht ganz durchschnitten wird.

Ohne Zweifel ist es am vortheilhaftesten, statt der festete-
 nenden Pfähle bewegliche Rollen anzubringen, die man Leitrol-
 len nennt. Sie müssen zunächst die Einrichtung haben, dass
 die Leine sich von selbst auf sie auflegt und nicht etwa unter
 der Rolle die eiserne Axe oder die Pfanne trifft, worin die letztere
 sich dreht. Man stellt zu diesem Zwecke einen schrägen Pfahl
 in der Lage, der mit einer Eisenschiene versehen ist. Zuweilen giebt
 man der Rolle auch einen vorstehenden Rand am unteren Ende,

was jedoch nicht nöthig ist, sobald der schräge Pfahl kurz vor die Rolle vortritt. Eine grosse Höhe der Rolle ist gar nicht nothwendig, denn sobald das Schiff so nahe gekommen ist, dass die Leine sich merklich über den Boden erhebt, so ist der Zweck der ganzen Vorrichtung bereits erfüllt und die Leine kann sich selbst überlassen bleiben. Gemeinhin genügt daher ein Bau von etwa 4 Fuss schon vollständig. Bei dieser geringen Höhe ist die Rolle auch weniger der Gefahr ausgesetzt, sich zu biegen, was bei einer langen Rolle fast jedesmal eintritt. Sobald das Schiff aber wirft oder krümmt, so hört ihre Beweglichkeit auf, und der starke Seitendruck der Leine sie in derjenigen Stellung fest, wobei die Leine sich am meisten der geraden Richtung ablenken kann. Auch die Festigkeit der ganzen Vorrichtung wird um grösser, je niedriger sie ist. Endlich ist noch dafür zu sorgen, dass die Leine, wenn sie oben abgelenkt, nicht etwa die eiserne Axt, die die Büchse trifft, worin diese steckt. Man muss also die letzteren Theile möglichst nahe über der obern Fläche der Rolle haben oder sie aufs Neue durch ein Streichholz schützen. Die in Fig. 248 in der Seitenansicht und im Grundrisse dargestellte Anordnung dürfte allen Anforderungen am vollständigsten entsprechen und zugleich die nöthige Festigkeit und Einfachheit in der ganzen Zusammensetzung haben. Es ist dabei nur zu bemerken, dass die Stärke der Rolle nicht weniger als etwa 8 oder 9 Zoll betragen darf, weil diese sich sonst zu leicht krümmen würde.

Vor bedeutenden Handelsplätzen wird der Leinenzug gemeinhin durch das Werft unterbrochen, woselbst die Schiffe anlegen und ausgeladen oder befrachtet werden. Wenn das Schiff durch die Pferde auch nicht bis unmittelbar vor das Werft gezogen werden kann, so ist es doch immer sehr wichtig, dasselbe sonst zu bringen, als irgend möglich. Zu diesem Zwecke pflegt man an der Stelle, wo der Leinenzug aufhört, eine Leitrolle anzubringen, über welche die Leine geschlungen wird, so dass die Pferde auf dem Leinpfade wieder zurückgehen, während sie das Schiff noch bis zur Rolle heraufziehen. Eine solche Rolle unterscheidet sich jedoch von der oben beschriebenen dadurch, dass sie 1 bis 2 Fuss im Durchmesser hält und nur etwa 1 Fuss hoch ist. Sie ruht auf einem Pfahlkopfe und wird rückwärts (also in der Richtung des Stromes) durch hölzerne oder eiserne Streben gestützt,

che den obern Zapfen umfassen. Zuweilen besteht die Rolle einer gewöhnlichen grossen Scheibe, die sich auf eine starke eiserne Axe dreht, welche nur im Pfahlkopfe befestigt ist. Das Auflegen der Leine geschieht dabei aus freier Hand. Wenn das Schiff, welches herauf gezogen wird, nur an einer Leine befestigt ist, so ist das Umlegen derselben um die Rolle schwierig, die Pferde während dieser Zeit im Zuge bleiben müssen. Viel bequemer ist es, wenn die Pferde in zwei Gruppen und an zwei Zugleinen gespannt sind. Sobald die vordern Pferde bei der Rolle vorbeigegangen sind, hält man die hintern an, und während letztere allein das Schiff halten müssen, führt man die vordern um die Rolle herum, so dass sie verkehrt oder stromwärts gerichtet stehen. Alsdann lässt man alle Pferde wieder anziehen, bis auch die hintern bei der Rolle vorbeigegangen sind, worauf wieder das vordere Gespann allein das Schiff halten muss und das hintere um die Rolle geführt wird. Ist dieses geschehen, so üben wieder alle Pferde den Zug aus, indem sie auf dem Leinpfade zurück gehn.

An manchen Stellen des Leinpfades müssen die Pferde einen besonders starken Zug ausüben und namentlich geschieht dieses, wenn der Strom sehr heftig, oder ein starkes Gefälle zu überwinden ist. Hierbei tritt leicht für die Pferde eine grosse Gefahr ein, und es gehört keineswegs zu den seltenen Erscheinungen, dass sie durch die Leine herabgerissen werden und im Strome ertrinken. Um dieses zu verhindern, werden an denjenigen Stellen, wo eine solche Gefahr zu besorgen ist, zur Seite des Leinpfades oder in demselben gewisse Vorrichtungen zum Befestigen der Leine angebracht. So findet man an der Donau neben den wildesten Stromstrecken Ringe zur Seite des Leinpfades, und sobald der Treiber bemerkt, dass die Kraft der Pferde erschöpft ist, so zieht er das vordere Ende der Leine, welches zu diesem Zwecke frei bleibt, durch einen Ring und knüpft es darin fest. Die Pferde dürfen alsdann zurücktreten, indem das Schiff schon durch den Ring hinreichend gehalten wird, bis die Pferde wieder mit frischer Kraft anziehen können.

Auch in andern Fällen wird dem Schiffer eine grosse Bequemlichkeit geboten, wenn neben dem Leinpfade Gegenstände vorhanden sind, an welche er die Schiffe befestigen kann, ohne

vor Anker gehn zu dürfen. Hierzu eignen sich vorzugsweise Schiffshalter oder die kurzen Pfähle, die zu diesem Zweck an dem Ufer aufgestellt werden. Besonders dürfen solche nicht fehlen, wo die zu Berg fahrenden Schiffe regelmässig zu liegen pflegen, also namentlich neben grossen Städten.

Bei der Einrichtung des Leinpfades ist es immer wesentliche Bedingung, jede Unterbrechung desselben zu vermeiden. In schwierigsten wird dieses vor den Mündungen der Nebenflüsse und Bäche, die sich in den Hauptstrom ergiessen. In Untiefen vor den Mündungen derselben pflegen zur Zeit des kleinen Wassers einen bequemen Durchgang zu gestatten, aber in den höhern noch schiffbaren Wasserständen wird der Uebertreib oft gefährlich oder ganz unmöglich. Wenn sonach keine Leinpfads-Brücken erbaut sind, so muss in diesem Falle das Schiff nachdem es bis gegen die Mündung des Baches gezogen ist, vor Anker gelegt werden. Man führt alsdann die Pferde zur Seite des Baches bis zu einer Brücke oder bis zu einer Stelle, wo ein gefahrloser Durchgang möglich ist, und lässt sie alda zum andern Ufer des Baches wieder bis zum Strome zurückgehen. Es darf kaum erwähnt werden, welcher lästige Aufenthalt dadurch veranlasst wird, namentlich wenn die nächsten Brücken über die Bäche, wie oft der Fall ist, erst in der Entfernung von einer halben oder ganzen Meile zu finden sind. Dazu kommt aber noch, dass die Besitzer der Wiesen und Felder neben dem Bache, wo natürlich das Leinpfads-Servitut nicht Anwendung findet, das Uebertreiben der Pferde nur gegen willkürlich auferlegte Taxe gestatten, und oft sogar zur Pfändung schreiten. Die Leinpfads-Brücken sind daher als wesentliche Theile eines gehörig eingerichteten Leinpfades anzusehn und Seitens der Preussischen Regierung sind sie an allen Strömen in der Rheinprovinz und Westphalen vollständig eingerichtet.

Die Erbauung der Leinpfads-Brücken bietet häufig grosse Schwierigkeiten, und namentlich wenn die Bach- oder Flussmündungen, wie gewöhnlich, schon in dem eigentlichen Stromthale überschritten werden müssen, indem das höhere Ufer zu weit zurückliegt, als dass es noch für den Leinenzug benutzt werden könnte. Man darf alsdann die beiderseitigen Rampen, welche zur Brücke führen, nicht über das höchste Wasser erheben, und

nach kann die Brücke selbst keine wasserfreie Höhe erhalten. Denfalls würde ein solcher Bau, abgesehen von seinen sonstigen theilweisen Wirkungen, auch überaus kostbar ausfallen. Es gibt sonach nur die Wahl, die Brücke entweder so zu befestigen, sie auch bei der Ueberfluthung nicht fortschwimmt, oder sie solcher Weise anzuordnen, dass sie bei jedem Hochwasser genommen werden kann. Beides geschieht zuweilen. Der erste ist der gewöhnliche: die Brücken sind alsdann theils massiv, theils in Holz erbaut, ihre Theile werden aber durch Eisen fest verbunden, so dass die Pfähle den ganzen Oberbau halten. Die Brücke muss aber in diesem Falle eine geschützte Lage haben, wenigstens von dem Eisgange nicht stark getroffen werden. Wenn man andererseits die Brücken zur Zeit des Hochwassers tragen will, so pflegt man wohl statt der Mitteljoche nur lose Joche in den Fluss oder Bach zu stellen, deren Füsse auf Schwellen ruhen. Die Ausgleichung des Grundes, die ihrer Aufstellung jedesmal, und zwar noch während der Dauer des Hochwassers vorangehn muss, ist indessen so schwierig und unsicher, dass man diese Methode jedesmal bald zu verlassen pflegt, und lieber feste Joche aus eingerammten Pfählen wählt, wenn dieselben auch häufig zerstört werden. An solchen Stellen, wo der Eisgang besonders heftig ist, und jede Anlage dieser Art verbietet, gewährt die Anlage einer Schiffbrücke noch das bequemste Auskunftsmittel. Eine solche kann indessen nicht füglich ohne Aufsicht bleiben, da ihre Aufstellung bei jeder Aenderung des Wasserstandes auch verändert werden muss. Man kann dieselbe daher nur in der Nähe von bewohnten Orten einrichten.

Alle erwähnten Brücken - Anlagen werden wesentlich dadurch erleichtert, dass keine schweren Lasten darüber gehn, und sonach eine viel einfachere Constructions - Art dabei gewählt werden darf, als sonst erforderlich ist. Wenn die Brücke nahe in der Richtung der Leine liegt, so dass die Pferde keine schräge Stellung annehmen dürfen, so darf ihre Breite auch sehr mässig bleiben, und zwei oder drei Brückenbalken pflegen zu genügen, die mit Rücksicht auf die erwähnte leichte Construction ohne Nachtheil 24 Fuss, auch wohl bis 30 Fuss frei liegen.

Die Schwierigkeiten der Brücken - Anlage vermehren sich aber in hohem Grade, wenn der Seitenfluss schiffbar ist, oder seine

Mündung zur Zeit des Hochwassers als Sicherheitshafen für Schiffe dient, oder wenn der Leinpfad vor einem Hafen liegt und an dessen Mündung geführt werden muss. Die meisten Arten der beweglichen Brücken verbielen sich in diesem Falle. Wegen der geringen Höhe darf man keine Klappen anbringen, deren Gegengewichte durch die Verlängerungen der Klapphaken gebildet werden. Die Zugbrücken mit Portalen und Zuggattern und hier gleichfalls unbrauchbar, weil das Hochwasser sie zerstören würde. Die Benutzung derselben als Leinpfads-Brücken wäre bei der gewöhnlichen Anordnung auch in sofern unmöglich, als die Führung der Leine durch das Portal und die Hängeketten der Klappe unterbrochen werden würde. Diesen letzten Uebelstand vermeidet man aber auf den Kanälen in Holland dadurch, dass man die Klappe nur an eine Kette hängt, nämlich an der vom Strom oder Kanale abgekehrten Seite. Alsdann verwandelt sich das Gatter in einen einzigen Balken, und das Portal in einen Ständer. Auf diese Art wird die Brücke auf der dem Strome zugekehrten Seite ganz frei, und der Leinenzug kann ohne alle Störung darüber ausgeübt werden. Die Klappe ist freilich, wenn sie gehoben wird, sehr unsymmetrisch unterstützt: wenn sie aber an sich leicht und dabei doch fest construirt ist, so leidet sie während der kurzen Dauer des Hebens und Herablassens nicht bedeutend. Nichts desto weniger ist neben grösseren Strömen diese Anordnung schon aus dem ersten Grunde nicht ausführbar, und es bleibt sonach in diesem Falle nur noch die Wahl zwischen der Dreh- und Rollbrücke. Die erstere verdient in jeder Beziehung den Vorzug, und bei der mässigen Stärke, die sie als Leinpfadsbrücke nur zu haben braucht, wäre sie gewiss in vielen Fällen mit wenigen Kosten darzustellen, aber immer müsste noch für ihre Sicherstellung während des Hochwassers und Eisganges gesorgt werden. Die Rollbrücken kommen überhaupt nur selten vor und sind im Allgemeinen gewiss nicht zu empfehlen.

Ein Auskunftsmittel bietet in diesem Falle noch die Einrichtung einer Fähre statt der Leinpfadsbrücke. Eine Unterbrechung des Leinenzuges ist dabei freilich nicht zu vermeiden, denn das Schiff muss geankert oder an das Ufer befestigt werden, während die Pferde übersetzen: der Aufenthalt pflegt sich indessen doch nur auf eine sehr kurze Zeit zu beschränken. Man

Bei solchen Fahren zuweilen die Einrichtung getroffen, dass Fährmann dabei nöthig ist, und der Pferdetreiber selbst sie einmal an die Seite hinziehn kann, wo er sich befindet. Der Mangel an Ordnungsliebe bei dieser Klasse von Leuten verbietet uns in den meisten Fällen eine solche Anordnung, und so darf man wohl nicht leicht eine Leinpfadsfähre anlegen, zugleich einen Fährmann anzustellen.

Eine Unterbrechung des Leinpfades wird zuweilen durch veranlasst, dass Häuser, Gärten und andere Anlagen sich zum Ufer hinziehen. Gemeinhin bestehen dergleichen Verhältnisse seit so langer Zeit, dass der Besitzstand durch Verjährung gesetzlich anerkannt ist, und es bleibt alsdann nur übrig, durch Kauf des erforderlichen Terrains oder durch Ausbau eines Leinpfades im Strome selbst die Unterbrechung zu beseitigen. Auf den sämtlichen Preussischen Strömen, wo ein regelmässiger Leinenzug besteht, ist dieses beinahe vollständig, und zwar grossentheils mit sehr bedeutenden Kosten geschehn, so dass gegenwärtig mit wenigen Ausnahmen der Leinenzug ohne Unterbrechung vor allen Dörfern und Städten ausgeübt werden kann. An den grössten Handelsplätzen ist solche Unterbrechung jedoch unvermeidlich, sie wird auch schon wegen des Anlegens der Schiffe nothwendig; vor kleinern Städten ist sie aber nicht statthaft, und man hat bei uns die bedeutendsten Geldopfer nicht gescheut, um sie aufzuheben.

Die Grundbesitzer wünschen zuweilen grosse Gebäude recht nahe an den Strom zu stellen. Wenn es auch die Pflicht des Baubeamten ist, jede Privat-Industrie möglichst wenig zu stören, so ist es andererseits doch dringend nöthig, dass dergleichen untergeordnete Zwecke den allgemeinen Verkehr nicht behindern. Dieses geschieht in solchem Falle leicht, wenn der davor noch bestehende Leinpfad zerstört wird, und vielleicht die Regulirung des Stromes eine Zurücklegung desselben bedingt, oder aber wenn eine Verlegung des Leinpfades von einem Ufer auf das andre später als nothwendig sich herausstellen sollte. Es ist sonach in allen Fällen am gerathensten, dafür zu sorgen, dass beide Ufer, also auch dasjenige, wo der Leinpfad nicht liegt, frei bleiben. Die Französische Gesetzgebung verlangt dieses ausdrücklich

man auch eine gehörig breite und tiefe Stelle des Stromes gesucht hat, dennoch durch den Anker nicht daselbst gehalten, sondern auf Untiefen geschoben wird, die weiter abwärts liegen.

Hievon abgesehen ist das Ankern im Strome, selbst bei günstigen Umständen, gemeinhin ein mühsames und zeitraubendes Manöver. In welcher Art es ausgeführt wird, ist bereits früher beschrieben (§. 95) und zugleich nachgewiesen, dass jedes Thal fahrende Schiff dabei gegen den Strom gewendet werden muss. Während der Bergfahrt unterbleibt dieses zwar, da es aber die Schwierigkeit ein, dass das Schiff weit vom Lande abheeren muss, um das Fahrwasser nicht zu sperren, während es vor Anker liegt. Endlich erfordert auch das Heben des Ankers eine grosse Anstrengung der Mannschaft, und eben so mühsam ist es oft, das Schiff demnächst wieder in das Fahrwasser zu bringen, besonders wenn es in der Thalfahrt begriffen ist.

Zuweilen wird der Anker auch in andrer Art benutzt; man bringt ihn nämlich auf das Ufer und lässt ihn, indem er sich sogleich in den Boden eindringen kann, wie eine Pfähle wirken. Ein Mann drückt den obern Arm desselben herab, während das Schiff den Anker stromabwärts zieht, und so schneidet dieser eine Furche ein, die immer tiefer wird, bis zuletzt, nachdem die Geschwindigkeit des Schiffes sich gemässigt hat, der Widerstand im Boden hinreichend gross wird, um ein weiteres Herabtreiben zu verhindern. Das Ufer wird aber hierdurch sehr stark beschädigt, und dieses ist um so nachtheiliger, als die Zerstörung der festen Grasnarbe leicht zu Uferbrüchen während des Hochwassers Veranlassung geben kann. Das Aussetzen des Ankers auf die Ufer ist daher gemeinhin polizeilich verboten, und jedenfalls ist der Schiffer verpflichtet, den verursachten Schaden zu vergüten.

Mit dem Leinpfade verhält es sich ebenso, wie mit dem Ufer, man pflegt indessen, wenn hier Beschädigungen auf solche Art verursacht sind, etwas weniger streng gegen den Schiffer zu verfahren, sobald er nachweist, dass er zum Aussetzen des Ankers gezwungen war.

Die Veranlassung zum Anhalten der Schiffe wiederholt sich indessen mit wenigen Ausnahmen, die durch Zufälligkeiten herbeigeführt werden, grösstentheils an bestimmten Stellen des Stro-

...es, nämlich an denjenigen, wo die Schiffe entweder in Folge polizeilicher oder andrer Bestimmungen die Fahrt unterbrechen müssen, oder wo dieses nach der üblichen Einrichtung der Tagereisen, oder behufs der Fütterung der Leinpfade gleichfalls notwendig ist. Die Plätze, wo Ladungen eingenommen und gelosst werden, gehören gleichfalls hierher, doch ist daselbst wohl jedesmal schon für das Anlegen der Schiffe gesorgt. Aber oberhalb und unterhalb der Stromschnellen, in welchen ein Beggnen nicht stattfinden darf, müssen die Schiffe auch vielfach warten und ebenso an denjenigen Stellen, wo eine Veränderung im Leinenzuge nöthig wird.

Man erleichtert die Schiffahrt nicht unbedeutend, und beugt zugleich vielfachen Beschädigungen des Leinpfades und Collisionen mit den Uferbesitzern vor, wenn man an allen Stellen dieser Art einen oder mehrere Schiffshalter anbringt. Die Kosten dafür sind bei der geringen Anzahl solcher Stellen im Vergleich zu den sonstigen Anlagen, die gleichfalls den Nutzen der Schiffahrt bezwecken, fast jedesmal höchst unbedeutend. Wenn man die Schiffer fragt, wo sie Schiffspfähle gesetzt wünschen, so bezeichnen sie gemeinhin eine so geringe Anzahl dieser Stellen, dass durchschnittlich kaum auf jede halbe Meile Stromlänge ein einziger trifft.

Der Schiffshalter erfüllt seinen Zweck schon vollständig, wenn er etwa 3 Fuss hoch über dem Boden vorragt, er steht auch um so sicher und wird um so weniger von den Fangetauen umgerissen, je kleiner die Höhe ist, in welcher dieselben daran befestigt werden müssen. Der Eisgang beschädigt ihn gleichfalls nicht so leicht, wenn er recht niedrig ist.

Er besteht aus einem Stücke Rundholz und zwar gemeinhin wegen der längern Dauer aus hartem Holze. Das Stammende bildet seinen Kopf, und dieser wird halbkugelförmig ausgeschnitten, so wie auch das über dem Boden vorragende Ende cylindrisch geformt, oder wenigstens von allen scharfen Kanten befreit wird, durch welche das Tau beschädigt werden könnte. Am untern Ende versieht man ihn mit einer Spitze, wie einen Pfahl. Die Beischaffung und Aufstellung einer Ramme, würde die Kosten zu sehr vergrößern; man bedarf derselben aber auch nicht, wenn man zur Zeit eines niedrigen Wasserstandes ein Loch bis zum Grundwasser gräbt, und hierin den Pfahl mit der Spitze stellt.

Die Arbeiter fassen ihn alsdann, und neigen ihn abwärts und her, und rechts und links, wobei er selbst in festes Land leicht noch einige Fuss tief eindringt. Sodann wird die ausgegrabene Erde wieder in das Loch geworfen, und mittelst Saue gehörig befestigt. Sehr vortheilhaft ist es aber an der nach abwärts gekehrten Seite, und zwar etwas schräge gegen das Ufer gerichtet, noch einen Riegel davor zu legen, wie Fig. 240 zeigt. Letzterer wird in solcher Höhe angebracht, dass er 6 bis 12 Zoll mit Erde bedeckt werden kann. Er bildet für den Schiffhalter eine sehr sichere Stütze.

Gewöhnlich stellt man die Schiffshalter dicht hinter den Leinpfad. Dieses ist auch ganz angemessen, in sofern sie ein hinreichend breites Ufer vor sich haben, und zugleich den Leinenzug nicht hindern. An den Holländischen Kanälen sind die Schiffshalter gemeinhin an der äussern Seite des Leinpfades. Dabei ist aber für das leichte Uebergleiten der vorübergehenden Leine durch ein kleines mit Streichhölzern versehenes Gekästchen gesorgt, wie Fig. 250 im Grundriss und in der Seiten-Ansicht zeigt. Die letzte Einrichtung gewährt noch den Vortheil, dass die Pferde nicht über die Längetaue der andern Schiffe reiten dürfen, welche stark beschädigt werden, so oft der hohe Stollen des Hufeisens zufällig darauf trifft. Damit aber der Leinenzug durch das an das Ufer gelegte Schiff nicht unterbrochen werden muss, der Mast des letzten niedergelegt sein, und gemeinhin ist es sogar nothwendig, die Leine über den Kopf des Steuerrodes, sowie über die andern vorragenden Theile des Schiffes selbst oder der Ladung überzuheben.

Wo das Fahrwasser sehr enge, das Flussabette aber sehr breit ist, wird es oft schwer, das erstere sicher zu treffen und das Schiff durch die tiefste Rinne zu steuern. Besonders findet dieses statt, wenn das Fahrwasser vom Ufer entfernt liegt und die Strömung entweder sehr heftig oder so schwach ist, dass man an der Bewegung des Wassers die grössere Tiefe nicht deutlich unterscheiden kann. Solche Stromstellen werden gewöhnlich regulirt, wenn man aber, um dem Strome eine bestimmte Richtung anzuweisen, diese ausgebaggert hat, so ist deren Breite wenigstens anfangs so geringe, dass die erwähnte Schwierigkeit sich dadurch

vergrössert, und man das Fahrwasser durch Signale hinweisen muss. Dieses geschieht am einfachsten durch Zweige, die die Schiffer oft selbst in das Flussbette stecken. Man kann sie Baacken, sie sind aber wenig sicher und werden auch auf unwillkürlicher Weise verändert, woher sie nur als ein unzuverlässiges Auskunftsmittel angesehen werden können. Nicht viel besser sind die schwimmenden Signale. Dieselben bestehen aus Holz-Klötzen oder kleinen Tonnen, die mittelst Tauen am Ufer befestigt sind. Die Tauen müssen aber so lang sein, dass die Signale bei etwas wachsendem Wasser noch an der Stelle bleiben, und dieses giebt Veranlassung, dass sie bei hohem Wasser stark seitwärts treiben und sonach die Rinne nicht mehr ganz sicher durch sie bezeichnet wird. Ausserdem können sie auch leicht entwendet, oder treiben von selbst fort, die Steine bleiben oft zum grossen Nachtheil der Schifffahrt im Fahrwasser liegen.

Wenn man eine schmale Rinne sicher bezeichnen will, so geschieht dieses nur durch Signale geschehn, die auf dem Ufer stehen. Die Linie, welche man bezeichnet, ist jedesmal die Mitte oder die Axe der Rinne, diese muss aber gerade sein, und sich durch angemessene Anordnung der Baggerung oder der eigenen Räumungen in der Ausdehnung der engsten Fahrrinne erreichen lässt. Eine gerade Linie ist bekanntlich durch Punkte gegeben, wenn man aber, wie im vorliegenden Falle, kein sicheres Urtheil darüber haben soll, ob man sich in dieser Linie befindet, so müssen beide Signale auf einer Seite stehen. Es geschieht allerdings zuweilen, dass man ein Signal oberhalb und das andere unterhalb der zu bezeichnenden Rinne aufstellt, dann kann der zwischen beiden befindliche Schiffer aber offenbar nicht wissen, ob er sich in der Verbindungslinie befindet, oder ob er rechts oder links ausgewichen ist. Selbst wenn beide Signale auf einer Seite stehn, kann es noch zweifelhaft sein, ob man sich rechts oder links wenden muss, um in die bezeichnete Linie zu kommen. Dieser Zweifel verschwindet erst, sobald man weiss, welches das vordere und welches das hintere Signal ist. Dass die Signale hoch und frei stehen müssen, um schon aus weiterm Entfernungen gesehen zu werden, versteht sich von selbst: es ist aber zu erwähnen, dass jeder Schiffer, der einigermaßen seine

Kunst versteht, eben so sicher nach Signalen steuert, die hinter dem Schiffe befinden, als nach solchen, die vor ihm sind.

Damit die Signale sich nicht nur von andern Gegenständen sondern auch unter einander unterscheiden, giebt man ihnen gemeinhin die Form von einfachen Figuren. Sie dürfen jedoch keine volle Flächen bilden, weil sie alsdann dem Einflusse des Windes und Sturmes zu sehr ausgesetzt sein würden. Hier setzt man sie aus etwas stärkeren Rahmen zusammen, welche mit Latten benagelt sind, so dass der grösste Theil der Fläche frei bleibt.

Fig. 251 zeigt beispielsweise eine Anordnung dieser Signale. Beide Signale stellen gleichzeitige Dreiecke dar, das hintere mit der Spitze nach unten, das vordere nach oben gekehrt, und wenn das letzte niedriger ist, so berühren sich die beiden Spitzen, sobald man sich in der Linie befindet, welche sie markiren. Wenn der Schiffer die Signale in der Stellung sieht, welche die Figur zeigt, so muss er nach der rechten Seite fahren, um in die passende Richtung zu kommen, weil das vordere Signal auf dieser Seite steht. Die Richtung wird aber durch die Berührung der beiden Dreiecke überaus scharf bezeichnet, woher beide Signale ziemlich nahe neben einander stehen können, und ihre gegenseitige Entfernung nur dem sechsten bis zehnten Theile der Entfernung von der Fahrrinne gleich zu sein braucht. Die Schärfe der Bezeichnung vermindert sich indessen bedeutend, wenn die Spitzen der Dreiecke sich nicht nur berühren, sondern die eine Fläche in die andre hineintritt. Die Höhe der Signale muss daher auch in der Art abgemessen werden, dass die Verbindungslinie beider Spitzen in der Mitte der zu bezeichnenden schmalen Rinne ungefähr eben so hoch liegt, wie das Auge des Schiffers, der am Ruder steht. Will man diese Bedingung mit möglichster Schärfe erfüllen, so wird man noch auf den kleinsten Wasserstand und auf beladene Schiffe Rücksicht nehmen müssen, weil bei diesen ein recht scharfes Innehalten der Rinne am nothwendigsten ist.

Die Farbe, welche man den Signalen giebt, hängt von dem Hintergrunde ab: erscheinen sie von der Rinne aus gesehen vor einem dunkeln Walde, so wählt man am passendsten die weissste Farbe, wenn dagegen, wie gewöhnlich der Himmel den Hinter-

ildet, so eignet sich die rothe Farbe am besten für sie, diese bei den verschiedenen Beleuchtungen und selbst in der Dunkelheit sich noch am meisten markirt. Endlich muss noch bemerkt werden, dass es zweckmässig ist, die Signale, welche die Rinne bezeichnen sollen, schon früher aufzustellen, ehe die Vertiefung oder Aufräumung beginnt, weil sie schon von Anfang an benutzt werden können, und man alsdann um so sicherer ist, dass die Mittellinie der Rinne wirklich beide Signale trifft. Im Rheine sind mehrere Rinnen auf ähnliche Art markirt, die Zweckmässigkeit dieser Bezeichnung hat sich unverkennbar herausgestellt.

Ausser den erwähnten Signalen, welche die Lage und Richtung des Fahrwassers angeben, müssen in manchen Fällen noch andere Zeichen vom Ufer aus gegeben werden, wodurch das Entgegenkommen eines Schiffes u. dgl. bezeichnet wird. Diese Signale werden indessen gemeinhin nur aus freier Hand mit einer kleinen Flagge gegeben, ohne dass besondere Vorrichtungen dazu erforderlich sind. Man nennt aber die Person, welche Zeichen dieser Art giebt, die Wahrschau.

Wenn Brücken über den Strom führen, die nicht geöffnet werden können, so muss in dem Schiffe, welches eine solche passieren soll, jedesmal der Mast vorher niedergelegt und später wieder aufgestellt werden. Häufig sind die Schiffe mit Apparaten versehen, wodurch dieses sicher und schnell ausgeführt werden kann. So befindet sich z. B. auf jedem Ruhr-Schiffe eine Winde, welche hierzu dient, und im Allgemeinen ist das Aufstellen und Niederlegen des Mastes leicht auszuführen, wenn der Mast hauptsächlich nur zur Befestigung der Zugleine dient. Wenn dagegen die Schiffe häufig segeln müssen, weil ein geregelter Leinenzug entweder gar nicht existirt, oder stellenweise unterbrochen ist, so haben die Masten eine weit grössere Höhe und sind alsdann nur mit Mühe und mittelst besonderer Vorrichtungen einzustellen. Auf Flüssen und Strömen dieser Art pflegen daher sämtliche Brücken, so weit es irgend zulässig ist, mit Klappen versehen zu sein, so dass die Masten wenigstens während der ganzen Bergfahrt stehen bleiben. In grössern Handelsplätzen, wo die Fahrt begonnen, oder beschlossen wird, ist es gewöhnlich nicht schwer, die Masten aufzustellen oder niederzulegen, denn wenn die Krane daselbst

zu diesem Zwecke auch nicht brauchbar sein sollten, so kann man doch leicht an den Masten anderer Schiffe die Flaschenzüge befestigen, und dadurch das Aufstellen und Niederlegen bewirken. Wenn aber auf dem Wege selbst und zwar an einer Stelle, wo die Schiffe sich gewöhnlich nicht ansammeln, eine feste Brücke vorkommt, oder Verbindungen mit andern schiffbaren Gewässern liegen, die nur mit niedergelegten Masten befahren werden können, wie dieses auf Kanälen gewöhnlich geschieht, so muss man sich zur Aufstellung besonderer Vorrichtungen entschliessen, die man Mastenrichter nennt.

Dieselben bestehen meist in einer Rüstung, die einem gewöhnlichen Krahne nicht unähnlich ist, und sich von demselben nur durch ihre Höhe und durch die Unbeweglichkeit des Anlegers unterscheidet. Für die Oder- und Elb-Kähne, die eine hohe Masten führen, würde man aber eine zu grosse Höhe an Mastenrichter geben müssen, wenn man die Masten unmittelbar damit einstellen wollte. Die dabei übliche Methode ist daher diese, dass der Mast etwa in seiner Mitte durch das Heben gefasst, und während er noch flach auf dem Schiffe liegt, an untern Ende fest gehalten wird. Indem man hierauf das Schiff zurückschiebt, hebt sich der Mast und nimmt nach und nach die vertikale Stellung an. Das Niederlegen erfolgt in ähnlicher Weise. In beiden Fällen muss die Gelegenheit geboten werden, das Schiff ganz sicher vor- und zurückzuziehen. Diese Mastenrichter bestehen sonach aus zwei Holzwänden, die von einander so entfernt sind, dass ein Schiff bequem dazwischen fahren kann. Ihre Höhe kommt etwa der halben Höhe des Mastes gleich, an einem übergelegten Balken wird der Flaschenzug befestigt, während gemeinhin eine Erdwinde zur Seite zum Heben und Herablassen des Mastes dient.

Von besonderer Wichtigkeit sind endlich noch die Fluthäfen. Ihr Zweck ist von dem der Seehäfen wesentlich verschieden, indem sie nur zur Sicherung der Schiffe während Hochwassers und namentlich während des Eisganges dienen. Das Laden und Lossen der Flussschiffe geschieht fast jedesmal im freien Strome, weil es wegen der ganz unbeschränkten Weite der Anlegestelle daselbst mit mehr Bequemlichkeit als im Hafen erfolgen kann. Letzterer ist wegen der Dämme, die ihn umgeben,

Die Zeit des Sommers hierzu auch wenig geeignet und wenn er auch hinreichende Tiefe hat, um das Einkommen der Schiffe jederzeit zu erlauben, so liegen dieselben alsdann so tief unter diesen wasserfreien Umgebungen, und der Zugang zu ihnen ist aus diesem Grunde meist so steil und unbequem, dass man die Arbeit wesentlich erleichtert, wenn man sie aus dem Hafen bringt und sie vor eine niedrige Uferstelle legt, die überdies durch fahrbare Wege mit den Strassen oder Ortschaften in Verbindung steht. Die Flusshäfen bleiben deshalb fast immer leer, und man bringt selbst diejenigen Schiffe nicht hinein, welche längere Zeit hindurch still liegen. Es ist freilich keinem Zweifel unterworfen, dass die Sicherstellung der Schiffe gegen manche Zufälligkeiten viel leichter und sonach auch ihre Bewachung viel wohlfeiler sein müsste, wenn man sie in den Hafen brächte, als wenn man sie an irgend eine Uferstelle legt. Dagegen ist das Ein- und Ausbringen in den Hafen immer mühsam, die polizeilichen Verordnungen über die Benutzung des letztern, namentlich in Bezug auf die Schonung der Ufer und die Feuersicherheit sind gewöhnlich bei den Reparaturen der Schiffe, so wie auch schon bei der Abtakelung und Ausrüstung derselben sehr störend, und wenn ausserdem jedes Schiff, welches hineingebracht wird, ein gewisses Hafengeld bezahlen muss, so kann es nicht mehr befremden, dass die Flusshäfen so wenig benutzt werden. Selbst im Beginne des Winters pflegen keineswegs alle Schiffe in den Hafen gebracht zu werden, sie bleiben vielmehr so lange, als das Wasser offen ist, in der Fahrt, und wenn endlich die Gefahr entsteht, dass sie einfrieren könnten, so werden sie an irgend eine sichere Uferstelle oder in einen Flussarm gebracht, wo sie unter gewöhnlichen Verhältnissen gleichfalls geborgen sind. Nur wenn ein besonders starker Eisgang, verbunden mit hohem Wasserstande eintritt, so wird ein mehr gesicherter Zufluchtsort gesucht, den aber das Schiff unter solchen Umständen theils wegen der kurzen Dauer der Zwischenzeit zwischen den ersten Anzeichen der Gefahr aus dem Eintritt derselben, theils aber auch wegen des Eises gewöhnlich nicht mehr erreichen kann. In solchen Fällen wird gemeinhin über Mangel an sichern Häfen laute Klage geführt. Sobald dieser Wunsch indessen berücksichtigt ist, und mit grossen Kosten Häfen eingerichtet sind, so werden sie doch keineswegs

regelmässig benutzt und bleiben sogar während mancher Winter so leer, wie im Sommer.

Man darf hiernach bei Anlage von Flusshäfen keineswegs erwarten, dass der Ertrag des Hafengeldes die Kosten der Anlagen decken kann, derselbe reicht sogar in den meisten Fällen nur einmal zur Bestreitung der Unterhaltungskosten und sonstigen Ausgaben hin. Nichts desto weniger sind die Flusshäfen während ungewöhnlicher Ereignisse dringend nöthig, und zwar müssen sie, wenn sie wirklich von Nutzen sein sollen, nicht gar zu weit von einander entfernt und hinreichend gross sein, um eine gehörige Anzahl von Schiffen zu fassen. Dieses Bedürfniss ist bei vielen Strömen erst in neuester Zeit berücksichtigt und theilweise befriedigt worden: es liegt auch in der Natur der Sache, dass es nicht früher herausstellen kann, als bis die Schifffahrt sehr lebhaft geworden ist, und die Anzahl der Schiffe sehr zugenommen hat, indem wohl an jedem Strome eine grosse Anzahl von Stellen sich vorfindet, wo einzelne Schiffe mit Sicherheit gehorzen werden können. Die Gefahr tritt daher erst für diejenigen Schiffe ein, welche hier nicht mehr Platz finden, indem andere schon dazwischen liegen.

Die erwähnten Flusshäfen, die eigentlich allein diesen Namen verdienen, nennt man häufig Sicherheits-Häfen, und man im Gegensatze von den gewöhnlichen Ausladestellen, die an manchen Strömen gleichfalls Häfen genannt werden. In einzelnen Fällen sind beide Arten von Anlagen mit einander verbunden. So finden z. B. im Ruhrorter Hafen nicht nur die Schiffe während des Winters Schutz, sondern die Ruhr-Schiffe lassen daselbst auch die Kohlen, während die Rheinschiffe diese laden, und viele Lagerplätze umgeben rings umher den Hafen. Auch diejenigen Uferstellen, woselbst die vom Auslande kommenden Waaren steuerfrei niedergelegt und in gleicher Art gelegentlich wieder verladen werden dürfen, zählt man noch zu den Häfen, und nennt sie Freihäfen: sie kommen nur auf solchen Strömen vor, die zu verschiedenen, durch keinen Zollverein verbundenen Staaten gehören, wo also der Strom, wenn er auch streckenweise auf beiden Seiten von demselben Staate umschlossen wird, und sonst in polizeilicher Beziehung diesem angehört, dennoch mit Rücksicht auf die Steuer-Verhältnisse als Ausland betrachtet wird. In

Wesung auf bauliche Anlagen darf hier nur auf die eigentlichen Ausshäfen, oder die Sicherheitshäfen Rücksicht genommen werden: die folgende Auseinandersetzung erstreckt sich auch ausschliesslich auf diese.

Wie schon erwähnt, finden die Schiffe zuweilen in alten Flussarmen, selbst während eines starken Eisganges hinreichenden Schutz. Wenn solche Arme entweder von selbst, oder durch künstliche Anlagen einer starken Durchströmung entzogen sind, so ist die Verflachung in der obern Mündung am bedeutendsten, während sie unten viel geringer bleibt, und in der Mitte oft ganz fehlt. Gemeinhin strömt indessen das Hochwasser während einer langen Reihe von Jahren, nachdem die obere Mündung schon stark versandet ist, noch kräftig hindurch, weil das Flussbette nur langsam und nie über die Höhe der Thalsohle anwächst, also niemals ganz wasserfrei wird. Nichts desto weniger kann die obere Mündung doch so hoch aufwachsen, dass dadurch der Strom sehr gemässigt wird, und wenn vollends das Weidenstrauch bei der grössern Höhe des Bodens sich endlich in eine sogenannte Kopfweiden-Pflanzung verwandelt, wozwischen der Rasen sehr gut gedeiht und einen reichen Ertrag zu geben pflegt, so verhindern die Baumstämme das Durchtreiben von grössern Eisschollen und der untere und mittlere Theil jenes Armes erhält dadurch eine so geschützte Lage, dass die Schiffe darin in der That sicher geborgen sind. Der grösste Uebelstand pflegt dabei in der Verflachung der untern Mündung des Armes zu bestehen, welche zugleich Hafenmündung ist. Bei kleinem Wasser ist dieselbe gemeinhin beinahe trocken, so dass während desselben kein beladenes Schiff hinein- oder herausgebracht werden kann. In der Zeit, wenn der Hafen gesucht wird, pflegt freilich der Wasserstand ziemlich hoch zu sein, woher das Hineinfahren keine Schwierigkeit macht: wenn aber das Hochwasser nach dem Eisgange nicht lange anhält, so können die Schiffe häufig nicht schnell genug herausgehn, besonders wenn der grösste Theil der Mannschaft während des Winters entlassen war und sich zerstreut hatte. Es geschieht alsdann wohl, dass die Schiffe lange Zeit hindurch in solchem Hafen eingeschlossen liegen und entweder entladen werden oder daselbst warten müssen, bis wieder ein

höherer Wasserstand eintritt, bei dem sie endlich herausgehoben werden können.

Dergleichen Stromarme werden häufig in künstliche Bänke umgewandelt, indem man die obern Mündungen in wasserfreie Höhe schliesst, die untern dagegen, so weit es geschehen kann, verengt, und ausserdem befestigt und gehörig vertieft. An der Mosel ist dies vor wenigen Jahren bei Cues, nahe oberhalb Benestel geschehen, und dadurch ein sehr geräumiger und durchaus sicherer Hafen gewonnen.

Bei neuen Hafenanlagen kommt es vorzugsweise auf die vollständige Sicherung der darin liegenden Schiffe an: es darf daher selbst zur Zeit des Hochwassers keine Strömung hindurchgehen, und noch weniger dürfen die Schiffe vom Eisere getroffen werden. Der Hafen nimmt dagegen bei jedem Hochwasser denselben Wasserstand an, der im Strome statt findet, und dieses ist ohne Nachtheil für die Schiffe. Ueberhaupt ist die Mündung eines Flusshafens immer offen, und es stellt sich in diesem eben so wohl der höchste wie der kleinste Wasserstand darin ein. Hiernach ist es entbehrlich, den Hafen von allen Seiten mit wasserfreien Dämmen zu umgeben. Stromaufwärts dürfen dieselben freilich nicht fehlen, eben so wichtig sind sie zwischen dem Hafen und Strome, landwärts und stromabwärts sind sie dagegen entbehrlich. Gemeinhin gewinnt man aber beim Ausgraben und Ausbaggern des Hafens so viel Erde, dass die Ausführung bedeutend erleichtert wird, wenn man das Material in der Nähe ablagern kann, und dieses ist der Grund, weshalb die meisten Häfen mit hohen und oft übermässig starken Dämmen oder Deichen umschlossen sind. Letztere liegen gewöhnlich dem Hafen-Bassin so nahe, dass nur ein schmaler Communicationsweg in geringer Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande sich rings herum zieht. Dahinter beginnt sogleich die Dossirung, die entweder ununterbrochen sich erhebt oder mit schmalen Bachecken versehen ist, doch jedesmal möglichst steil gehalten wird, um bei dem Bau die weiten Erdtransporte zu vermeiden. Zuweilen fehlt sogar der erwähnte Weg, und die Dossirungen beginnen unmittelbar am Rande des Hafens, was jedoch für den Verkehr sehr unbequem ist.

Durch die wasserfreien Hafen-Dämme wird jedesmal das Fluthprofil des Stromes beschränkt, und man muss sorgfältig untersuchen, in welchem Maasse dieses geschehn darf, ohne eine morkliche Erhöhung des Wasserstandes in den obern Stromstrecken oder eine nachtheilige Verstärkung des Stromes zur Seite des Hafens zu veranlassen. Gemeinhin stellt sich eine solche Besorgnis keineswegs als ganz unbegründet heraus, und man muss sich daher wenigstens bemühen, die Beschränkung des Profils möglichst geringe werden zu lassen, zugleich aber auch dafür zu sorgen, dass das Fluth-Profil recht regelmässig begrenzt bleibt. Aus diesem Grunde haben die Flusshäfen gemeinhin eine solche Lage, dass sie sich der Länge nach neben dem Strome hinziehen, und ihre grösste Axe zu demselben parallel gerichtet ist. Jedenfalls darf der Hafen aber nicht auf der hintern Seite wieder umströmt werden, weil er sonst eine Stromspaltung zur Zeit des Hochwassers bilden, und dadurch vielfache Unordnungen veranlassen und selbst einem starken Angriffe ausgesetzt sein würde. Der Hafen muss sich daher entweder unmittelbar an das wasserfreie Terrain anschliessen, oder doch durch wasserfreie Dämme damit verbunden sein. Er wäre entgegengesetzten Falles während des Hochwassers auch ganz unzugänglich. Nur wenn eine isolirte wasserfreie Höhe unmittelbar neben dem Ufer liegt, rechtfertigt es sich, neben derselben und zwar gewöhnlich an ihrem untern Ende den Hafen zu erbauen.

Ferner muss der Hafen unmittelbar neben dem Strome liegen. Wie wünschenswerth ein breites Vorland in Betreff der Sicherstellung des Hafendamms und der Erweiterung des Fluth-Profiles auch ist, so verbietet sich eine solche Anordnung dennoch aus Rücksicht auf die Mündung. Diese würde nämlich bei weiterer Entfernung des Hafens verlängert werden müssen, und es entstände dabei die Frage, ob sie auf der obern Seite durch einen wasserfreien Damm geschützt werden sollte oder nicht. Fehlt ein solcher Damm, so ergiesst sich während des Hochwassers ein heftiger Strom quer über die Mündung, und füllt sie stark mit Sand an. Dieselbe ist ausserdem während dieser Zeit gar nicht zu befahren, weil die Schiffe seitwärts auf das untere Ufer getrieben werden würden. Der letzte Uebelstand hört erst auf, wenn das Vorafer so hoch überfluthet wird, dass die Schiffe ohne

Beschwerde darüber fahren können, also wenn ein tiefer Strom sich unmittelbar neben dem Hafendamm befindet. Wenn man aber andererseits einen hohen Damm vor die Hafemündung legen wollte, so wäre derselbe theils schweben gehalten, theils würde er aber auch die regelmässige Begrenzung des Fluthprofils aufheben, und die Beschränkung desselben, die er verursacht, wäre eben so gross, als wenn der Hafen unmittelbar am Strome läge.

Nächst der gesicherten Lage ist die gehörige Tiefe ein dringendes Bedürfniss für einen Flusshafen, und zwar muss diese nach den kleinsten Wasserständen bestimmt werden, die überhaupt vorkommen, weil solche gerade während des Winters und im strengsten Frostes, also in der Zeit, wo der Hafen am meisten benutzt wird, häufig eintreten. Im Allgemeinen muss der Hafen diejenige Wassertiefe haben, welche sich auf den flachsten Stellen im Strome vorfindet. Wäre dieses nicht der Fall, so würde ein Schiff, welches so tief beladen ist, dass es nur eben auf dem freien Strome noch fahren kann, schon verhindert werden in den Hafen zu gehn. Hiernach bestimmt sich die Tiefe, bis zu welcher jeder Hafen ausgegraben, oder ausgebaggert werden muss.

Die künstlich dargestellte Tiefe pflegt sich indessen in einem Hafen nicht lange zu erhalten, weil bei jedem Steigen des Wassers im Strome trübes Wasser in das Hafenbassin tritt, daselbst vollständig zur Ruhe kommt, so dass alle darin schwebende erdige Theilchen zu Boden sinken, und sobald kleines Wasser eintritt, ganz rein herausfliesst. Man muss aus diesem Grunde in kurzen Zwischenzeiten die Vertiefung des Hafens immer wiederholen. Am Rhein versanden die Häfen in jedem Jahre etwa 6 Zoll hoch, woher man durchschnittlich alle drei Jahre einmal die Häfen ausbaggert, und zwar alsdann eine Vertiefung um 2 Fuss vornimmt. Dieser Uebelstand lässt sich in keiner Weise vermeiden. Die Verflachung wird aber nur befördert, wenn man etwa Mühlenflüsse hineinleitet, und mittelst derselben eine Spülung veranlassen will. Eben so nachtheilig wäre es auch, wenn man, wie oft vorgeschlagen, aber wohl noch niemals wirklich geschehn ist, das Wasser aus dem Strome selbst zu gleichem Zwecke auf der obern Seite in den Hafen leiten wollte. Bedeutende Wassermassen kann man auf diese Weise dem Hafen nicht zuführen,

sonst die Schliessung der Oeffnung zur Zeit des Hochwassers zu schwierig wäre. Der Erfolg würde sich also darauf beschränken, dass man einen schwachen Nebenarm zur Seite des Hafens bildete, der also jedenfalls der Verflachung ausgesetzt wäre. Hierzu kommt aber noch, dass sein weit geöffnetes Profil die Geschwindigkeit des hindurch fliessenden Wassers beinahe aufheben, und sonach jedes eintretende Erdtheilchen drin liegen bleiben müsste. Weit entfernt die Versandungen zu verhindern, wäre daher eine solche Zuleitung des Wassers, ein überaus kräftiges Mittel dem Hafen schnell die Tiefe zu nehmen. Bei Gelegenheit der Stromdurchstiche (§. 82) ist auch erwähnt, dass man genau dasselbe Verfahren mit dem günstigsten Erfolge anwendet, um die Verlandung alter Stromarme zu beschleunigen. Man sorgt für die Erhaltung der Tiefe eines Hafens am meisten dadurch, dass man kein fremdes Wasser hinzutreten lässt. Der Hafen bei Petershagen an der Weser erhält seine Tiefe gegenwärtig weit länger, als sonst, da ein Mühlenbach, die Esper genannt, in ihn hineinfloss. Selbst kleinere Wasserläufe und sogar die Strassenrinnen der daneben befindlichen Orte verursachen häufig merkliche Verflachungen, und da jedenfalls die Erde, der Sand und sonstige Schmutz, den sie zuführen, im Hafen liegen bleibt, also später fortgeschafft werden muss, so leidet es keinen Zweifel, dass die Kosten für dessen Beseitigung weit geringer bleiben, wenn man ihn schon vor dem Eintritt in den Hafen sammelt, als wenn er zuerst auf die Sohle des Hafens fällt und dann wieder ausgehoben und bei Seite geschafft werden muss. Wenn es auch nach in manchen Fällen auch unmöglich ist, die Einmündung von Strassenrinnen und sonstigen kleinen Zuflüssen ganz zu beseitigen, so sollte doch wenigstens immer dafür gesorgt werden, dieselben vor dem Eintritt in den Hafen mit Schlammkasten (§. 22) zu versehen, die so oft es nöthig ist, gereinigt werden müssen. Endlich ist es auch dringend nöthig, der Verunreinigung des Hafens, und zwar eben sowohl vom Ufer, als von den Schiffen aus durch polizeiliche Maassregeln vorzubeugen. Hierzu gehört auch, dass ein willkürliches Betreten der unbefestigten Hafendossirungen nicht stattfinden darf, weil dabei gleichfalls bedeutende Erdmassen gelöst werden, die entweder unmittelbar herabfallen oder beim nächsten starken Regen in den Hafen gespült werden.

Besonders wichtig ist die Erhaltung der Tiefe in der Hafenmündung. Die Verflachung pflegt daselbst weit stärker zu sein, als im eigentlichen Hafen, weil nicht nur die im Wasser schwebenden Theile sich hier zu Boden setzen, sondern auch der auf dem Strombette treibende Sand und Kies hier gestossen wird. Die Aufräumung der Hafenmündung muss daher gemeinhin in jedem Jahre vorgenommen werden. Einigermassen kann man die Verflachung hier vermindern, wenn man die Mündung stromabwärts kehrt. Die davor stehende Erdzunge oder der Hafenkopf hat alsdann die Richtung einer declinanten Bucht, und dieselben Gründe, welche dicht unterhalb einer solchen die Versandung verhindern, schützen auch die Hafenmündung vor übermässigen Verflachungen, die jedesmal einzutreten pflegen, wenn man die Mündung stromaufwärts kehrt.

Die stromabwärts gekehrte Richtung der Einfahrt ist übrigens auch für den Schiffsverkehr am bequemsten. Normal gegen den Strom darf die Mündung augenscheinlich nicht gerichtet sein, falls sie nicht übermässig breit wäre, denn die aus- und eingehenden Schiffe würden alsdann quer gegen den Strom gestellt werden müssen, was bei heftiger Strömung nicht möglich ist. Es bleibt sonach nur noch die Frage, ob es für den Schifffahrts-Betrieb vortheilhafter ist, die Mündung stromauf- oder stromabwärts zu kehren. Im ersten Falle würde nicht nur das Hineintreiben des Eises zu besorgen sein, sondern ausserdem könnten die in der Thalfahrt begriffenen Schiffe, die man in den Hafen bringen will, dennoch nicht unmittelbar hineinfahren, weil sie nicht so sicher zu steuern sind, dass man es wagen dürfte, sie mit der vollen Geschwindigkeit des Stromes in die schmale Mündung treten zu lassen. Das Einlaufen in die Mündung mit voller Fahrt wird auch dadurch unmöglich, dass das Schiff sich von selbst wendet, sobald es bei schräger Stellung mit dem vorderen Ende ins Stauwasser tritt, während es hinten noch im Strom liegt. Vor der aufwärts gekehrten Hafen-Mündung müsste sonach jedes zu Thal fahrende Segelschiff dennoch vorher angehalten und an Tauen hineingeführt werden, was nach der obigen Mittheilung über das Anlegen der Schiffe (§. 95) nicht anders geschehen kann, als wenn man das Schiff dreht und es stromaufwärts kehrt. Dagegen könnte ein im Hafen befindliches Schiff, welches zu Berg

fahren soll, die aufwärts gekehrte Mündung ohne Aufenthalt passieren und die Fahrt sogleich fortsetzen. Für diejenigen Schiffe endlich, welche aus den untern Gegenden heraufkommen und in den Hafen gebracht werden, oder die im Hafen gewesen sind und die Thalfahrt antreten sollen, ist augenscheinlich eine stromabwärts gekehrte Mündung viel zweckmässiger, weil der Durchgang durch diese gar keine Störung verursacht. Die letzte Richtung ist sonach unter den vier vorkommenden Fällen dreimal die günstigere und einmal nicht gerade als besonders unbequem anzusehn, indem das zu Berg fahrende Schiff nur herausgeführt werden darf und alsdann sogleich der Leinenzug beginnen kann. Man pflegt daher ganz allgemein den Mündungen der Häfen, und grösstentheils auch denen der Kanäle (wenn sie nicht etwa im Stau liegen, wie dicht oberhalb der Wehre) eine stromabwärts gekehrte Mündung zu geben. Man erreicht dabei auch noch den Vortheil, dass während das Schiff sich in einer solchen befindet und sie durchfährt, es jedesmal durch den Hafenkopf bereits gegen den Stromanfall gesichert ist.

Der Hafenkopf ist dem Angriffe des Stromes stark ausgesetzt, in sofern er eine scharf vortretende Ecke bildet: er muss daher vollständig befestigt sein, und zwar wird er gewöhnlich durch eine Steindecke gesichert, und über Wasser abgepflastert. Eine flache Dossirung unter Wasser darf er nicht erhalten, weil dadurch die Schifffahrt behindert werden würde, man führt ihn vielmehr möglichst steil auf, lehnt ihn auch wohl bis zur Höhe des niedrigsten Wassers gegen eine Spundwand und sichert seinen Fuss durch Steinschüttungen, sobald die Tiefe daneben so zugenommen hat, dass ein Theil derselben verschüttet werden kann. Man muss indessen hierbei wieder auf die Darstellung einer möglichst regelmässigen Uferlinie bedacht sein: der Hafenkopf muss sich daher dem daselbst etwa befindlichen Bahnsysteme oder unmittelbar dem Ufer anschliessen.

Von besonderer Wichtigkeit ist es endlich, dass derjenige Theil des Flussbettes, der die Hafenmündung mit dem eigentlichen Fahrwasser verbindet, die gehörige Tiefe hat. Die Erhaltung derselben wird aber besonders schwierig, wenn der Strom in Folge sonstiger lokaler Verhältnisse an dieser Stelle entweder bei kleinem oder bei hohem Wasserstande Sand- und Kiesbänke

aufwirft, die man jedesmal, sobald sie entstanden sind, von Neuem beseitigen muss. Es ist sonach dringend nöthig, schon bei der Auswahl der Stelle für den Hafen hierauf Rücksicht zu nehmen, und die Mündung in ein Ufer zu verlegen, welches unmittelbar das tiefe Fahrwasser begrenzt. Dieses findet vorzugsweise bei concaven Ufern statt. Wenn der Strom vor solchen eine unmerkennbare Krümmung bildet, die sich auch dem Regulirungs-Plan gehörig anschliesst, so kann man sicher sein, dass hier an Sandbänke den Zugang zum Hafen nicht sperren werden. Diese Anordnung ist freilich mit dem Uebelstande verbunden, dass die ganze Anlage und namentlich der Hafendamm einem verstärkten Angriffe ausgesetzt wird: es ist aber fast unter allen Umständen viel leichter und weniger kostbar, den Angriff des Stromes und Eises abzuhalten, als eine Stelle, die nach den sonstigen Stromverhältnissen der Versandung ausgesetzt ist, dauernd tief zu erhalten. Hiernach begründet sich die Regel, die auch fast jedesmal beobachtet wird, die Hafenmündung zur Seite einer Stromkrümmung und zwar in deren concaves Ufer zu legen.

In den Flusshäfen selbst pflegt kein heftiger Wellenschlag sich zu bilden, weil die Ausdehnung derselben zu geringe ist, doch geschieht es zuweilen, dass der Wellenschlag von aussen her sich bis in den Hafen fortsetzt, und dadurch die Schiffe in demselben heftig gegen einander gestossen werden, oder wohl gar sich mit Wasser anfüllen und versinken. Eine Besorgniss in dieser Beziehung begründet sich indessen nur, wenn theils die Mündung des Hafens der herrschenden Windesrichtung entgegengekehrt ist, also nach Westen liegt, theils aber auch eine weit ausgedehnte niedrige Fläche auf der andern Seite des Stromes sich befindet, die zur Zeit der Fluthen in bedeutender Höhe in-undirt wird. Selbst in diesem Falle pflegt aber der Wellenschlag im Hafen noch immer unschädlich zu bleiben, wenn nicht etwa die Mündung übermässig weit und zugleich normal gegen die Strombette gekehrt ist. Man kann sonach einen Flusshafen wohl unter allen Verhältnissen vor dem Wellenschlag sichern, aber nichts desto weniger ist es angemessen bei der Anlage, dennoch hierauf Rücksicht zu nehmen, und eine solche Stelle auszuwählen, wobei diese Besorgnisse sich am wenigsten begründet.

Was die sonstigen Anordnungen eines Flusshafens betrifft, ist wenig zu erinnern. Seine Dimensionen sind durch die Anzahl und Grösse der Schiffe bedingt, welche darin gesichert werden sollen. Eben so ist die Breite der Mündung von der grössten Breite der Schiffe abhängig und hierbei kommt es vorzugsweise darauf an, ob Dampfschiffe den Strom befahren. Die Mündung wird entweder in der Mitte, oder an dem stromabwärts gekehrten Ende des Hafens angebracht: im letzten Falle kann der Raum vollständiger benutzt werden, aber das Herausbringen eines Schiffes, welches nicht unmittelbar an der Mündung liegt, ist um so beschwerlicher.

Ferner müssen die nöthigen Schiffshalter angebracht, und mit Bezug auf die Länge der Schiffe so vertheilt sein, dass letztere möglichst bequem daran befestigt werden können. Der oben erwähnte Weg rings um den Hafen und zwar in geringer Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande ist gleichfalls als dringendes Erforderniss zu betrachten, da man sonst, um zu einzelnen Schiffen zu gelangen, auf der Dossirung herabgehn müsste. Letztere wird aber vorzugsweise durch das Betreten beschädigt, und hierin liegt wieder eine Veranlassung zur Verflachung des Hafens. Der erwähnte Weg muss ferner durch eine hinreichende Anzahl bequemer Zugänge, am besten durch steinerne oder wenigstens hölzerne Treppen mit der Krone des Deiches verbunden sein. So lange die Treppen sich in gutem Zustande befinden, pflegt die Dossirung nicht leicht betreten zu werden, wohl aber geschieht dieses, wenn das Geln auf dem Rasen mehr Bequemlichkeit bietet, als die Benutzung der eingefallenen und schadhaften Treppen.

Zur Ueberwachung des Hafens in Bezug auf polizeiliche Vorschriften wird gemeinlich ein Aufseher angestellt, der zugleich die Listen über die aus- und eingehenden Schiffe führt. Die Bewachung der Schiffe pflegt den Eigenthümern derselben obzuliegen, weher gewöhnlich für mehrere Schiffe ein Wächter angestellt wird, der auch zugleich dafür sorgt, dass dieselben gehörig besetzt sind, und nicht etwa bei fallendem Wasser sich auf die Dossirungen stellen.

§. 99.

Holz-Flösserei.

Das Flössen des Holzes bildet einen wichtigen Theil des Güter-Verkehrs auf den Flüssen und Strömen. Es werden dabei indessen keine Schiffe benutzt, sondern die Frachten, nämlich das Holz, schwimmen unmittelbar auf dem Wasser. Dieser Gegenstand darf aber hier um so weniger übergangen werden, als nicht nur beim Bau der Freiarchen und Wehre, und selbst bei der Strom-Regulirung häufig auf die Flösserei Rücksicht genommen werden muss, sondern manche bauliche Anlagen ausschliesslich die Erleichterung derselben bezwecken.

Das Flössen geschieht nur stromabwärts. Einige Ausnahmen von dieser Regel giebt es allerdings, sie sind indessen so selten und betreffen nur Stromstrecken, auf welchen die Strömung so schwach ist, dass man nicht füglich sagen kann, dass der Transport stromaufwärts erfolgt. So müssen z. B. die Flösse, welche von der Oder nach dem Finow-Kanal und der Havel bestimmt sind, die Finow aufwärts bis zum Kanale gezogen werden, und ebenso geschieht es zuweilen, dass von der Weichsel durch die Nogat und von den Waldungen auf der Frischen Nehrung grosse Flösse über das Frische Haff bis zur Mündung des Pregels und den Pregel herauf bis Königsberg segeln. Fälle dieser Art wiederholen sich indessen nur so selten, dass man davon wohl ganz absehen kann: wenigstens auf allen Strömen, welche eine grosse oder auch nur eine merkliche Geschwindigkeit haben, wird die Flösserei nur abwärts ausgeübt. Der Vortheil dieser Art des Transportes beruht ganz allein darauf, dass der Strom selbst die bewegende Kraft liefert und das Holz ohne durch hohe Frachten vertheuert zu werden, aus den Waldungen des Binnenlandes nach den mehr bevölkerten, und daher auch besser bebauten Gegenden in der Nähe der Mündung der Ströme verfahren werden kann, woselbst der erforderliche Bedarf an Bau- und Brennholz bei der starken Consumption nicht unmittelbar gewonnen wird.

Die Flösserei wird auf zwei verschiedene Arten betrieben. Das Bauholz, welches natürlich in ganzen Stämmen bleibt, verbindet man zu Flössen, deren Länge und Breite von der Be-

schaffenheit des Strombettes und der Schleussen und Archen abhängt, welche passirt werden müssen. Es darf kaum erwähnt werden, dass ein grosser Vortheil darin liegt, recht viel Holz in einem Flosse zu verbinden, weil dadurch der Transport um so wohlfeiler wird. Bestehn diese Flösse nur aus Eichenholz, so bindet man zur Seite grosse Fässer an, um sie sicher schwimmend zu erhalten. Das Brennholz dagegen wird bevor man es in den Strom bringt, in Scheite oder Kloben von den üblichen Dimensionen zerschnitten und schwimmt ohne irgend eine Verbindung lose herab.

Ueber die Flösserei nach der ersten Methode ist wenig zu sagen: sie findet bei kleinen Flüssen gewöhnlich nur zur Zeit eines höhern Wasserstandes statt, weil die Untiefen alsdann weniger nachtheilig sind, auch die Wehre in dieser Zeit so hoch überströmt werden, dass sie zum Theil wenigstens überfahren werden können. Das Letzte ist jedoch immer und selbst bei mässigem Gefälle mit manchen Schwierigkeiten verbunden; namentlich taucht das Floss, sobald es den Wehrrücken passirt hat, tief ins Unterwasser ein, während es keineswegs, sich selbst überlassen herabtreiben darf, vielmehr vollständig bemannt sein muss, damit es an der passendsten Stelle und in der gehörigen Richtung über das Wehr geht, und gleich darauf wieder ins Fahrwasser kommt. Man darf also nur kräftige und geübte Leute hierbei benutzen, welche die Gefahr kennen, und ganz sicher auf dem Flosse stehn, wenn dasselbe auch einige Fuss tief unter Wasser treibt. Gemeinhin gehn indessen die Flösse durch die Freiarchen und es kommt sonach bei diesen sehr darauf an, dass sie nicht zu enge Oeffnungen haben. Noch besser ist es aber, wenn sie mit Setzpfeilen versehen sind, wodurch mehrere Schütz-Oeffnungen sich zu einer einzigen vereinigen lassen.

Dass die Flösse schlecht steuern, ist bereits erwähnt worden. Wenn sie in voller Fahrt sind, lenkt man sie nur dadurch, dass an ihren vordern und hintern Enden eine grosse Anzahl Rieme oder Streichruder nach der einen oder der andern Seite, also quer gegen den Strom geschlagen werden, wodurch dem Flosse eine geringe Seitenbewegung oder Drehung mitgetheilt werden kann. Diese Bewegung ist aber im Vergleich zu der grossen Geschwindigkeit, womit das Floss stromabwärts treibt,

nur sehr langsam, und man muss daher zeitig genug und gemeinhin viel früher, ehe man den Gegenstand sehen kann, welchen man ausweichen will, schon mit der Handhabung der Ruder den Anfang machen. Hiernach ist es dringend nöthig, dass die Führer grösserer Flüsse sowohl das Fahrwasser, als auch die Stärke und Richtung der Strömung an allen einzelnen Stellen sehr genau kennen, und darnach die passenden Maassregeln zu ergreifen wissen. Auf dem Rhein wird die Führung der grossen Flotten nur den geschicktesten Steuerleuten anvertraut, die sich gewöhnlich auch hiermit ausschliesslich beschäftigen. Ihre Kunst wird aber im Allgemeinen in höherer Achtung, als die der Steuerleute für Segel- und Dampfschiffe.

Wenn die Sohle des Bettes dazu geeignet ist, so kann man das Floss auch durch Anker steuern, die man nachschleppen lässt. Sie mässigen eines Theils die Geschwindigkeit, wodurch die Wirksamkeit der Ruder verhältnissmässig verstärkt wird, andern Theil geben sie aber auch dem Flosse schon unmittelbar eine angemessene Richtung. Die Ankertaue werden nämlich immer hinten befestigt, je nachdem dieses aber an der rechten oder an der linken Seite geschieht, so stellt sich das Floss etwas schräge und indem es alsdann den Stoss des Wassers von der Seite erhält, so treibt der Strom selbst es nach der einen, oder andern Seite.

Beim Anhalten und Festlegen des Flosses ist endlich eine ganz besondere Vorsicht nothwendig. Man darf es nicht auf Untiefen auflaufen lassen, weil es sich bei seiner grossen Masse, darauf so fest aufschieben würde, dass es nicht mehr davon abgebracht werden könnte, und man es entweder so weit es aufliegt, in die einzelnen Stämme zerlegen, oder einen höhern Wasserstand abwarten müsste, wobei es wieder von selbst flott würde. Einzelne Anker sind auch nicht im Stande, das Floss schnell genug anzuhalten und wenn dieselben wirklich hinreichenden Widerstand finden sollten, so würden die Ankertaue bei dem grossen Moment der Bewegung sogleich zerreißen. Man muss also dafür sorgen, dass die Bewegung nach und nach vermindert wird. Dieses geschieht mittelst der Anker, aber nur an solchen Stellen des Stromes, wo der Grund auf lange Strecken rein und eben ist. Durch Auswerfen mehrerer Anker, die beim Nachschleppen den Grund durchwühlen, vermindert sich schon merklich die

Geschwindigkeit, und sobald dieses geschehn ist, werden andre Anker auf das Ufer gesetzt, die wie Pflugschaaren in dasselbe einschneiden, bis endlich das Floss zum Stillstande kommt. Sobald es aber fest liegt, muss es durch Bäume gehörig abgesetzt werden, damit es nicht etwa bei fallendem Wasser irgendwo den Grund berührt oder durch den Wind auf das Ufer oder eine Kiesbank geschoben wird. Diese Rücksichten sind um so dringender und zugleich um so schwieriger zu beobachten, je grösser die Flösse sind, und keine andere Art der Schifffahrt erfordert daher so sorgsame und kundige Führer, als diese.

Die grossen Holzflösse auf dem Rhein, die zuweilen bei Mainz, zuweilen weiter abwärts bis oberhalb Coblenz verbunden werden, und gemeinhin bis Dortrecht fahren, sind wegen ihrer Grösse berühmt. Sie verdienen aber auch wegen ihrer künstlichen Zusammensetzung und noch mehr wegen der verschiedenen Vorkehrungen zur sichern Führung eine nähere Beschreibung. Diese dürfte auch insofern von Wichtigkeit sein, als die grössten Flösse nach und nach verschwinden. Wenn der Holzhandel auch nicht gerade stark abnimmt, so findet man es in neuerer Zeit, wie es scheint, bequemer und wohlfeiler oder sicherer, die Transporte zu theilen und statt eines grossen, mehrere kleine Flösse zu erbauen.

Fig. 253 auf Taf. LVI zeigt ein Rheinisches Holzfloss der grössten Art. *) Es ist in seiner vollständigen Zusammensetzung 850 Fuss lang, 150 Fuss breit und geht etwa 6 Fuss tief, während es noch 2 Fuss über Wasser liegt.

Der Haupttheil desselben ist das sogenannte Steifstück von 660 Fuss Länge und 100 Fuss Breite. Vor demselben befinden sich zwei kleinere, besonders verbundene Flösse *A* und *B* von derselben Breite, jedoch nur von 80 Fuss Länge. Man nennt sie das vordere und das zweite Knie. Zu beiden Seiten der letzten, so wie auch des Steifstücks sind endlich noch sechs Flösse befestigt, deren Länge mit der der ersten übereinstimmt, und deren Breite durchschnittlich 25 Fuss beträgt. Dieses sind die An-

*) Entnommen aus Herman's Abbildungen der verschiedenen Gattungen von Fahrzeugen, wie man sie auf dem Rheine sieht (ohne Jahreszahl).

hänge. Sie gehen gewöhnlich weniger tief als jene, und sind so verbunden, dass sie, wenn es nöthig werden sollte, leicht gelöst werden können.

Die Verpackung des Holzes oder die Zusammensetzung des Flosses erfolgt mit grosser Vorsicht. Die untern Lagen bestehen aus Tannen-Stämmen, bis 100 Fuss Länge, die vom Oberrhein und Main kommen. Sie sind specifisch viel leichter als das Wasser, woher sie das ganze Floss tragen. Darüber wird das Eichenholz gepackt, die geraden Stämme zur Seite, das zum Schiffbau bestimmte Krummholz in die Mitte. Bohlen, Dielen und Fassdauben bilden den obern Theil, und namentlich sorgt man dafür, dass die schwächern Stücke, wie dünne Dielen aus Tannenholz über Wasser kommen, während die eichenen Fassdauben zum Theil schon zwischen das Schiffbauholz gepackt werden. Das ganze wird theils durch die gehörige Abwechselung in der Richtung der Holzstücke, welche die einzelnen Lagen bilden, theils durch übergenagelte Leisten fest verbunden und mit Bohlen von geringerem Werthe überdeckt. Für die Arbeiter sind indessen noch besondere Brücken eingerichtet und mit Laufdielen übernagelt, woher selbst jene Bohlen nicht viel betreten werden.

Die Verbindung des Steifstückes mit dem zweiten Knie, so wie auch der beiden Kniee unter sich, ist in der Axe des Flosses durch junge biegsame Eichenstämme Nr. 4 und 6 dargestellt, doch befinden sich an jeder Seite derselben noch vier starke Tauen, um sie zu unterstützen. Von dem vordern Knie tritt nach jeder Seite ein starker Eichenstamm Nr. 2 vor, der horizontal auf dem Flosse liegt und etwas über den Anhang herausragt. Man nennt diese die Schillbäume oder Spindeln. Sie werden am äussern Ende von starken Tauen gefasst, die nach den Erdwinden oder Kappständern Nr. 8 führen. Wird eine dieser Erdwinden angezogen, die andre aber nachgelassen, so krümmt sich der vordere Theil des Flosses und hierdurch dreht sich nicht nur das ganze Floss, indem der Stoss des Wassers am vordern Theile die eine und am hintern Theile die andre Seite desselben trifft, sondern es ist auch um so leichter durch scharf gekrümmte Fahrwasser zu bringen.

Besonders sicher müssen diejenigen Bäume mit dem Flosse verbunden sein, woran die Ankertaue befestigt werden. Zum

Anschlagen und Feiern der Tauen sind starke cylindrische Riegel hindurch gesteckt. Diese Bäume heissen Mauern. Die Hauptmauer, auch der Hauptständer genannt, befindet sich nahe am hintern Ende Nr. 19. Am vordern Ende des Steifstückes ist ein zweiter Nr. 9 angebracht, den man die Hunds-Mauer nennt. Der Zweck derselben ist folgender: wenn eine besonders scharfe Stromkrümmung passirt werden soll, namentlich die Stelle oberhalb St. Goar, so geht ein Nachen mit Ankern und Tauen versehn voran, und schwere Anker werden auf der vortretenden Uferdecke ausgebracht. Die Tauen derselben werden auf das vorbeifahrende Floss gegeben und schnell an der Hundsmauer befestigt. Das Floss wird dadurch zurückgehalten, so dass es nicht der tangentialen Richtung folgen kann und die gehörige Drehung machen muss. Ferner befinden sich auch auf den Knien die Mauern Nr. 3 und 5, die zum Anhalten der Kniee dienen, falls diese bei etwanigem Aufstossen auf Felsen oder gegen das Ufer abbrechen, oder auch wohl im Falle der Noth absichtlich vom Steifstücke getrennt werden sollten. Endlich sind auch noch die sämmtlichen Anhänge mit kleinen Mauern versehn.

Man sieht in der Figur vorn und hinten die Reihe von Streichrudern. Das Hauptfloss trägt an jedem Ende zwei und zwanzig derselben und je zwei befinden sich noch an den Anhängen zu jeder Seite, so dass ihre ganze Anzahl zwei und fünfzig beträgt. Jedes ist gewöhnlich mit sechs Mann besetzt, die auf den Ruderbänken Nr. 1 und 21 stehn. Eine dritte Ruderbank, der Zufluchtsort genannt, befindet sich noch am vordern Ende des Steifstückes und dieselbe ist auch vollständig mit Riemen belegt, damit im Falle der Gefahr, wenn die Kniee getrennt werden, die Mannschaft der vordern Ruderbank hier augenblicklich eintreten kann. Die Ruder werden fast ununterbrochen, bald stärker, bald schwächer und bald nach der einen, bald nach der andern Seite geschlagen. Die Signale zu diesen verschiedenen Bewegungen werden von den beiden Ruderstühlen Nr. 20 gegeben. Letztere bestehn in zwei Aufbauten von etwa 20 Fuss Höhe, welche eine freie Aussicht über das ganze Floss gestatten. Auf jedem steht ein Mann, der mit einem Hute die Signale giebt. Von dem einen Ruderstuhle aus wird die vordere Ruderbank und von dem andern die hintere signalisirt. Der Steuermann, der das Ganze

leitet, steht auf dem einen oder dem andern Ruderstuhle, je nachdem er jedesmal die Verhältnisse am besten übersehn kann. Er ruft den beiden erwähnten Leuten mündlich die Zeichen zu, und ertheilt auch alle sonstigen Befehle, welche die Lenkung des Flosses betreffen.

Sechszehn bis zwanzig Narchen, jeder mit sieben Mann besetzt, begleiten das Floss, und namentlich dienen sie dazu, um oft es nöthig ist, die Anker auszubringen und demnächst wieder aufzuheben. Die Anker nebst den zugehörigen Schwimmern oder Buoyen, die gemeinhin Backeltönnchen heissen, liegen größtentheils auf den Anhängen bei *E*, während die Tane auf dem Raume *D*, oder der sogenannten Lappenbrücke aufgeschlossen sind. Die Anzahl der Anker beträgt bis vierzig und oft darüber. Zur Seite der Anhänge und auf derselben liegen die Schurbäume und Schurmaste, die vorzugsweise dazu dienen, das Floss vom Ufer entfernt zu halten, wenn es vor Anker liegt, in welchem Falle sie schräge ausgesetzt werden.

Die ganze Besatzung besteht aus etwa fünfhundert Mann, die sämmtlich nicht nur während der Fahrt, sondern auch in der Nacht und selbst wenn die Reise durch widrige Winde Wochen lang unterbrochen werden sollte, auf dem Flosse bleiben. Sie haben daher hier nicht nur vollständige Wohnungen, so dass das Floss wegen der Menge der darauf stehenden Hütten das Ansehen eines Dorfes bietet, sondern Alles, was zu ihrer Beköstigung während der ganzen Fahrt dient, befindet sich gleichfalls daselbst. Nr. 10 ist die Hütte für die sieben Mann, die an den Kappständern arbeiten, N. 11 Viehstall und Schlachthaus, Nr. 12 sind sechs Hütten für die Ruderer, Nr. 13 ist die Wohnung des Flossherrn, worin sich eine Menge Zimmer und Wirthschafteräume, so wie auch das Comptoir befinden. An der vordern Seite dieser Hütte liegt ein elegant eingerichteter Saal, der gemeinhin durch eine grosse Menge Blumen geschmückt ist, so dass er fast das Ansehen eines Treibhauses hat.

Auf dem Raume *C* neben der Wohnung des Flossherrn befindet sich das Bierlager mit der nöthigen Verdachung versehen. Nr. 14 enthält die Küche, die Backöfen, das Waschhaus nebst der Wohnung des Oberkochen und die Schreiner- und Köper-

Werkstatt. Nr. 15 ist das Haupt-Magazin für die verschiedenen Vorräthe, worin sich zugleich die Wohnung des Proviantmeisters befindet. Nr. 16 die Hütte für die Mannschaft, welche zu den Nachen gehört. Nr. 17 die Wohnung des Steuermanns und Nr. 18 die Hütte des Unteraufsehers und der Haupt-Arbeiter. Es mag noch erwähnt werden, dass man zur Verproviantirung eines solchen Flosses 40 bis 50,000 Pfund Brod, 12 bis 20,000 Pfund Fleisch, 10 bis 15,000 Pfund Käse, 10 bis 15 Centner Butter, 8 bis 10 Centner gesalzenes, 60 bis 80 Centner rohes Gemüse und 500 bis 600 Ohm Bier rechnet, woher die Rhein-Schiffahrts-Verwaltung 6000 Centner steuerpflichtiger Gegenstände als Provision der Mannschaft oder als Inventarium des Flosses zollfrei passiren lässt.

Das Flössen der losen Scheite, welches man auch das Triften nennt, kommt nur auf kleinen Flüssen und vorzugsweise in Gebirgsgegenden vor. Zum Auffangen des Holzes an dem Bestimmungsorte werden jedesmal besondere Anstalten getroffen, ausserdem haben andre dazu gehörige Anlagen noch den Zweck, das Holz durch Seitenbäche dem Flusse zuzuführen oder auch ein zu frühzeitiges Forttreiben einzelner Stücke zu verhindern, und die ganze Masse, die auf einmal getriftet werden soll, möglichst gleichzeitig in Bewegung zu setzen.

Ich will mit der Beschreibung der letzten Vorrichtung den Anfang machen. Sie besteht in der Durchdämmung oder Schliessung enger Thäler, in welche man das Holz leicht bringen kann, gewöhnlich stürzt es sogar schon von selbst in sie herab. Wenn man den Abfluss des Wassers aus denselben verhindert, so sammelt es sich an und bildet einen See, der mit den Holzscheiten bedeckt ist. Diese werden aber mit dem Wasser zugleich fortgetrieben, wenn man letzteres durch eine weite Oeffnung möglichst schnell abfliessen lässt. Stauvorrichtung heisst in solchem Falle die Klause, und die Thalfläche davor, so weit sie unter Wasser gesetzt wird, der Klausenhof.

Die Constructionen, welche hierbei gewählt werden, sind immer sehr einfach. Zuweilen geschieht der Abschluss nur durch einen Erddamm, welcher durchstoichen wird, sobald das Triften erfolgen soll. Wenn dagegen in demselben Thale wiederholentlich die Scheite angesammelt werden, so führt man hölzerne Dämme,

ähnlich den oben beschriebenen Senkkasten auf, fällt sie mit Steinen aus und schliesst die Abfluss-Öffnung durch Dammbalken, welche sich an eine Art von Drehständer lehnen. Die Kasse pflegt immer an der Stelle gebaut zu werden, wo das Thal am engsten ist, sie also die mindeste Länge zu haben braucht. Die Öffnung muss so gross sein, dass die Ergiessung in ziemlich kurzer Zeit erfolgt, weil nur in diesem Falle die Anschwellung bedeutend genug ist, um das unterhalb belegene Thal so hoch anzufüllen, dass die Holzmasse sicher hindurch geführt wird. Dass einzelne Scheite hinter der Wasser-Welle zurückbleiben und nach dem Abfließen des Wassers auf dem Ufer liegen, kann nicht fehlen. Man bemüht sich zwar, alle Stücke, die etwa aufgehalten werden, wieder in den Strom zu stossen, in vielen Fällen ist aber jede Nachhülfe unmöglich, indem die Thäler stellenweise unzugänglich sind. Die ganze Operation kommt jedoch nur in Gegenden vor, wo das Holz nicht hoch im Preise steht, der Verlust einzelner Scheite ist daher nicht von Bedeutung, und dieselben werden, wenn sie auch beim einmaligen Triften liegen geblieben sind, vielleicht später wieder in Bewegung gesetzt, sobald die Operation nach einiger Zeit wiederholt wird, der Verlust wird also in dieser Beziehung noch geringer und lässt eine gewisse Ausgleichung voraussetzen.

An der Stelle, wo das Holz aufgefangen werden soll, muss man es auf irgend eine Art zurückhalten, damit es nicht vorbeischwimmt. Dieses geschieht zuweilen schon dadurch, dass man einen oder mehrere Stämme quer über den Fluss legt, doch ist dieses Mittel nur ausreichend, wenn die Strömung und zugleich die herabtreibende Holzmasse nicht bedeutend ist. Letztere sperrt nämlich einen grossen Theil des Profils, und um so mehr verstärkt sich die Strömung an der Stelle, wo das Profil noch offen ist. Die Scheite werden daher häufig von diesem Strome gefasst und indem sie dabei untertauchen, treiben sie unter einander und unter dem Schwimmbaume fort. Man muss daher, wenn grosse Massen getriftet werden, das Profil nicht nur an der Oberfläche, sondern bis zur Sohle des Flussbettes sperren. Dieses geschieht mittelst der Triftstege und Triftstöcke.

Gemeinhin wird das Holz an einer Stelle aufgefangen, wo ein Wehr liegt, und seitwärts oberhalb des Wehres führt der Müb-

lengraben zugleich nach dem Holzhofe, in welchen die Scheite hineingebracht werden sollen. Oftmals ist auch ein besonderer Trift-Kanal nach dem Holzhofe geleitet. Die Sperrung muss sowohl in dem eigentlichen Flussbette, also neben dem Wehre, als auch in dem Mühlen- und Trift-Kanale erfolgen. Der Abfluss des Wassers darf hierbei jedoch nicht gehemmt werden, weil dadurch nicht nur Anschwellungen veranlasst, sondern auch die frische Strömung unterbrochen würde, welche nothwendig ist, wenn das Holz den Bestimmungsort wirklich erreichen soll.

Man bildet sonach gitterartige Wände in jedem einzelnen Wasserlaufe. Ueber dem Wehre befindet sich in angemessener Höhe eine leichte Laufbrücke, der sogenannte Triftsteg, und in einem Balken, der an der stromaufwärts gekehrten Seite derselben liegt, sind kreisförmige Löcher von 5 Zoll Durchmesser angebracht, in welche man die Spindeln oder Triftstöcke einsetzt, sobald getriftet werden soll. Letztere lassen jedesmal einen freien Raum von etwa 1 Fuss lichter Weite zwischen sich, und ihr unteres Ende lehnt sich gegen den Vorboden des Wehrs und steht auf der Sohle des Bettes auf. In derselben Art erfolgt auch in den Seiten-Kanälen der Verschluss, woselbst jedoch die Triftstöcke, wenn nicht etwa die Schütze geschlossen sind, sich oben gegen die Griesholme lehnen.

Wenn während des Triftens die Flüsse anschwellen, so geschieht es wohl, dass die Scheite sich vielfach unter einander schieben und stellenweise bis zur Sohle des Flussbettes herabdringen, wodurch entweder ein übermässiger Aufstau, oder auch die Zerstörung des ganzen Triftsteges, oder der Bruch einzelner Spindeln herbeigeführt wird, und jedesmal das Holz von Neuem ins Treiben kommt und grossentheils verloren wird.

Pechmann empfiehlt daher eine andre Einrichtung, welche an den Salinen im südlichen Bayern seit Jahrhunderten im Gebrauch sein soll. *) Die Wehre, welche in gewöhnlicher Weise mit Triftrechen versehen sind, ziehn sich nämlich sehr schräge stromabwärts, und unmittelbar an ihrem untern Ende befindet sich jedesmal die Mündung des Trift-Kanales. Die Einfassung des-

*) Praktische Anleitung zum Flussbau. Band II. München 1826. Seite 32 ff.

500 XIV. Schiffahrts-Anlagen. 99. Holz-Flösserei.

selben zunächst des Wehres enthält die Grieswand der Freiarche, und indem hier die Schütze während des Triftens gezogen sind, so ist die Strömung vor dem Wehre so stark seitwärts gerichtet, dass das Holz sich daselbst wenig ansammelt und vielmehr in den Kanal treibt. Das Eigenthümliche der empfohlenen Anordnung besteht darin, dass das Wasser aus dem Trift-Kanale nicht seitwärts in die Schütz-Oeffnungen der Arche tritt, sondern vielmehr abwärts. Zu diesem Zwecke besteht die Sohle des Trift-Kanals an dieser Stelle aus einem Gitterwerke, das hinreichend hoch über dem Vorboden der Freiarche liegt. Auf diesem Gitterwerke ist aber eine Bohlenwand aufgestellt, die sich gegen die Stirnflächen der Seitenmauern lehnt. Fig. 254 a und b zeigt diese Anordnung im Grundrisse und im Durchschnitte. Es ist dabei noch zu bemerken, dass das hölzerne Gitter unmittelbar vor den Schützen durch einen eisernen Rost ersetzt ist, weil jenes beim plötzlichen Schliessen des Schützes einen so starken Wasserdruck erfahren würde, dass es brechen müsste, was jedoch bei den dünnen Eisenstäben nicht der Fall ist. Das Holz, welches sich beim Triften auch bei dieser Einrichtung noch immer im Anfange des Kanals stark ansammelt, kann leicht weiter geschoben werden, und wird auch, wenn es auf das Gitter herabgezogen werden sollte, durch Zacken leicht gelöst und entfernt. Ein wesentlicher Vortheil besteht darin, dass die Durchfluss-Oeffnung eine viel grössere Ausdehnung hat und sonach die Strömung und der Wasserdruck geringer bleiben, als bei der gewöhnlichen Anordnung. Ausserdem aber ist die Rinne, wo das Holz sich ansammelt, von allen Seiten zugänglich, woher die nöthige Nachhülfe sehr leicht erfolgen kann.

Ende des zweiten Bandes vom zweiten Theil.

